

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Návrh projektové dokumentace pro objekt simulačního centra
Creating a Project Documentation for a Simulation Center Facility

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Vojtěch Babič

Studijní program:

N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma:

Návrh projektové dokumentace pro objekt simulačního centra
Creating a Project Documentation for a Simulation Center Facility

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je návrh projektové dokumentace, která řeší systém měření a regulace technických zařízení budov pro objekt simulačního centra. Hlavní náplní projektu je návrh řídicího systému, který bude založen na volně programovatelném řídicím systému s komunikačním rozhraním Ethernet. Řídicí systém bude umožňovat řízení jednotlivých technických zařízení budov, kterými jsou především jednotky vzduchotechniky, chladicí jednotky, výměňkové stanice, monitoring a regulace teplot jednotlivých místností. Projekt bude rovněž zahrnovat elektrickou požární signalizaci a systém měření spotřeby elektrické energie z důvodu vyhodnocování čtvrt hodinových maxim.

1. Seznámení se s problematikou projektu simulačního centra. Vypracovat rešerši příslušných norem a předpisů.
2. Popis funkce a způsobů řízení vybraných technických zařízení budov
3. Vytvoření projektové dokumentace pro měření, regulaci a sběr technologických dat
4. Návrh řídicího systému pro řízení vybraných technických zařízení budov

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] TOMAN, K.: KUNC, J: Systémová technika budov, 1. vyd., Praha: FCC PUBLIC, 1998, ISBN 80-901985-4-6
- [2] DVOŘÁČEK, K.: Elektrické instalace v bytové a občanské výstavbě, Praha: IN-EL, 2004, ISBN 80-86230-36-8
- [3] DVOŘÁČEK, K.: Projektování elektrických zařízení, Praha: IN-EL, 1999, ISBN 80-86230-10-4
- [4] DVOŘÁČEK, K.: Příručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení, 1. vyd., Praha: IN-EL, 2003, ISBN 80-86230-31-7
- [5] VALTER, J.: Regulace v praxi aneb jak to dělám já, Praha: BEN, 2010, ISBN 80-7300-256-5
- [6] ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 – Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavby elektrických zařízení – Všeobecné předpisy. Praha: UNMZ, 2010, Třídící znak: 332000.
- [7] ČSN EN 81346-2 – Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty – Zásady strukturování a referenční označování – Část 2: Třídění předmětů a kódy tříd. Praha: UNMZ, 2010, Třídící znak: 013710.
- [8] Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. In: Sbírka předpisů ČR. 2007.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

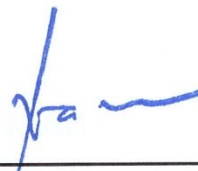
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Hrbáč, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Poděkování

Chtěl bych poděkovat celé společnosti MEARING s.r.o. za možnost zpracovávat navrhovanou dokumentaci během svých pracovních povinností. Konkrétně bych rád poděkoval majiteli společnosti, Ing. Tomáši Husníkovi, za jeho vstřícnost a ochotu.

Samozřejmě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Romanu Hrbáčovi, Ph. D. za cenné rady, připomínky a osobní konzultace, které mi pomohly k sepsání této diplomové práce.

Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě, dne 29. 4. 2019

.....

Bc. Vojtěch Babič

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Ostravě, dne 29. 4. 2019



.....
Ing. Tomáš Husník

Abstrakt

Tato diplomová práce popisuje problematiku budovy simulačního centra, pro který je navržen systém měření a regulace. V úvodu této diplomové práce je obsažena řešerše norem a pravidel pro tvorbu projektové dokumentace. V druhé části diplomové práce jsou teoreticky popsány technologie vzduchotechniky, výměňkové stanice, chlazení, řízení teploty v místnostech a regulace $\frac{1}{4}$ hodinového maxima. Na tuto část navazuje popis navržených prvků zajišťující řízení těchto technologií. V poslední části diplomové práce je navržen samostatný řídicí systém s webserverem, zajišťující vizualizaci na dispečerském pracovišti. V závěru diplomové práce je provedeno zhodnocení systému měření a regulace v objektu simulačního centra. Konečným výstupem celé práce jsou vypracované půdorysy, schéma regulace a tabulky.

Klíčová slova

Siemens, měření a regulace, simulační centrum, vzduchotechnika, výměňková stanice, chlazení, řídicí systém, projektová dokumentace

Abstract

This diploma thesis describes the problems of the building of the simulation center. For this center is designed the measurement and regulation system. In the introduction of this thesis is included a review of standards and rules for creating project documentation. In the second part of the diploma thesis, there are theoretically described technologies of ventilation, heat exchanger station, cooling, room temperature control and a $\frac{1}{4}$ hour maximum regulation. This part is followed by a description of the proposed elements ensuring the management of these technologies. In the last part of the thesis is designed a separate control system with a webserver, providing visualization at the dispatcher workplace. At the end of the thesis, there is the evaluation of the measurement and regulation system in the simulation center. The final output of the whole work are elaborated ground plans, regulation scheme and tables.

Key words

Siemens, measurement and control, simulation center, air conditioning, exchanger station, cooling, control system, project documentation

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
Seznam použitých obrázků.....	10
Seznam použitých tabulek.....	11
Úvod.....	12
1. Seznámení se s problematikou projektu	13
1.1 Požadavky pro tvorbu projektové dokumentace	14
1.2 Popis budovy simulačního centra.....	15
1.3 Základy pro projektování	16
2. Popis funkce a řízení technických zařízení budov	17
2.1 Vzduchotechnika.....	17
2.1.1 Obecný popis.....	17
2.1.2 Navržené prvky pro řízení vzduchotechniky.....	21
2.2 Výměníková stanice	27
2.2.1 Obecný popis.....	27
2.2.2 Navržené prvky pro řízení výměňkové stanice	29
2.3 Chlazení.....	34
2.3.1 Obecný popis.....	34
2.3.2 Navržený způsob řízení chlazení.....	36
2.4 Monitoring a regulace teploty jednotlivých místností.....	38
2.5 Elektronická požární signalizace.....	38
2.6 Systém regulace ¼ hodinového maxima	40
3. Řídicí systém.....	41
3.1 Návrh řídicího systému	42
3.2 Procesní podstanice.....	42
3.2.1 PXC100-E.D	43
3.2.2 PXC001.E.D.....	44
3.2.3 PXA40-RS1.....	44
3.3 Rozšiřující moduly	45
3.3.1 TXA1.IBE	45
3.3.2 TXI2.OPEN.....	46
3.3.3 TXM1.8U	46
3.3.4 TXM1.16D/TXM1.8D	47
3.3.5 TXM1.6R	47
3.4 Doplnující příslušenství.....	48
3.4.1 TXS1.12F10	48
3.4.2 5WG 1125-1AB22	48
3.4.3 5WG 1140-1AB13	48
3.5 Přenos dat na dispečink	49
Závěr	53
Seznam použité literatury.....	54
Seznam příloh.....	57

Seznam použitých zkratek a symbolů

AC	střídavé napětí
AI	analogový vstup
AO	analogový výstup
AV technologie	audio vizuální technologie
CPU	centrální procesorová jednotka
CZT	centrální zásobování teplem
DC	stejnoseměrné napětí
DI	digitální vstup
Dn	jmenovitá světlost
DO	digitální výstup
EPS	elektronická požární signalizace
EZS	elektronický zabezpečovací systém
HVAC	topení, větrání, klimatizace
CHL	chlazení
IP	stupeň krytí
I/O	vstup/výstup
MaR	měření a regulace
PLC	programovatelný logický počítač
PBŘ	požárně bezpečnostní řešení
RPO	rozvaděč požární ochrany
TV	topná voda
TZB	technické zařízení budov
ÚT	ústřední topení
DC	jednotka stejnosměrného napětí
VZT	vzduchotechnika
ZTI	zdravotně technická instalace
ZZT	zpětné získávání tepla

Seznam použitých obrázků

Obr. 1 Blokové schéma vzduchotechnické jednotky	18
Obr. 2 Snímač teploty NS 120 se stonkem a plastovou hlavicí, včetně držáku [2].....	21
Obr. 3 Diferenční tlakový snímač DPS300 [3]	23
Obr. 4 Spojitý pohon s havarijní funkcí NF24A-SR [4]	24
Obr. 5 Servopohon pro směšovací ventil, ESBE ARA639 [5].....	26
Obr. 6 Příložné teplotní čidlo NS141 [6]	26
Obr. 7 Ekvitermní křivky pro hodnoty výstupní teploty [7]	28
Obr. 8 Snímač tlaku DMP 331 [8]	32
Obr. 9 Havarijní termostat RAM-TW.2000M [9].....	32
Obr. 10 Prostorový snímač teploty NS111 [10].....	33
Obr. 11 Snímač hladiny SZ4 [11]	33
Obr. 12 Schéma Split systému [12].....	34
Obr. 13 Schéma MULTISPLIT systému [12].....	35
Obr. 14 Schéma VRV/VRF systému [13].....	36
Obr. 15 Komunikační karta FDP3-MODBUS [14].....	37
Obr. 16 Prostorový regulátor RDG100KN [15].....	38
Obr. 17 Požární klapka se servopohonem 230 V [16]	39
Obr. 18 Procesní podstanice PXC100-E.D [17].....	43
Obr. 19 Rozšiřující karta PXA40-RS1 [17]	44
Obr. 20 Procesní podstanice PXC s připojenými moduly TX-I/O [17]	45
Obr. 21 Rozdělovač linky KNX 5WG 1140-1AB13 [17].....	49
Obr. 22 Grafická vizualizace VZT jednotky [18]	50
Obr. 23 Grafické zpracování trendů [18]	51

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 Navržené snímače teploty do potrubí vzduchotechnické jednotky	22
Tabulka 2 Navržené snímače teploty pro vodní ohřívač	27
Tabulka 3 Navrhované zařízení k odepínání	40
Tabulka 4 Počet univerzálních modulů TXM1.8U v jednotlivých patrových rozvaděčích	46
Tabulka 5 Počet vstupních modulů TXM1.16D/TXM1.8D v jednotlivých patrových rozvaděčích.....	47
Tabulka 6 Počet výstupních modulů TXM1.6R v jednotlivých patrových rozvaděčích.....	48

Úvod

Hlavní náplní diplomové práce je zpracování projektové dokumentace, která řeší systém měření a regulace technických zařízení budov pro objekt simulačního centra. Hlavní náplní projektu je návrh řídicího systému, který bude založen na volně programovatelném řídicím systému s komunikačním rozhraním Ethernet. Řídicí systém bude umožňovat řízení jednotlivých technických zařízení budov, kterými jsou především jednotky vzduchotechniky, chladicí jednotky, výměňkové stanice, monitoring a regulace teplot jednotlivých místností. Projekt bude rovněž zahrnovat elektrickou požární signalizaci a systém měření spotřeby elektrické energie z důvodu vyhodnocování čtvrt hodinových maxim.

V první části je nastíněna problematika projektu simulačního centra a zároveň je zde zmíněna řešerše příslušných norem a předpisů, které jsou pro projektování důležité.

Druhá část obsahuje popis funkce a způsobů řízení vybraných technických zařízení budov. Popis je zaměřen jak na teoretickou část, tak přímo na aplikaci řízení konkrétní technologie.

Třetí a zároveň poslední část se zabývá řídicím systémem, který bude zajišťovat řízení vybraných technických budov. V této části jsou popsány základní funkce řídicího systému, jeho komunikační rozhraní a vstupní/výstupní moduly.

Na začátku každé části bude prvně zmíněná teoretická část, která nastíní řešenou problematiku a následně bude popsána část praktická. Ta bude zaměřena na navržené prvky zajišťující popsané řízení.

Výstupem celého návrhu projektové dokumentace pro měření, regulaci a sběr technologických dat je schéma regulace, půdorysy s umístěním rozvaděčů, kabelových tras, požárních prostupů a zařízení. Tyto výstupy jsou součástí přílohy, která obsahuje i potřebné tabulky a seznamy.

1. Seznámení se s problematikou projektu

Každý objekt, který je nově ve výstavbě nebo pouze v rekonstrukci, obsahuje technické či technologické zařízení. Návrh těchto zařízení zajišťují konkrétní profese, jejichž návrhy jsou zpracovány v projektové dokumentaci. Uvedené profese mezi sebou komunikují a navzájem si poskytují potřebné požadavky, které je nutné zpracovat do příslušné dokumentace dané profese (např.: profese Vzduchotechniky požaduje odvod kondenzátu z vzduchotechnické jednotky, ...). Technologie je navrhována v závislosti na požadavku investora, ale také v závislosti na příslušných normách (např.: dodržení hygienického minima přívodu čerstvého vzduchu do místnosti o určitém počtu osob, dodržení hygienického minima intenzity osvětlení v určité místnosti, ...).

Mezi uvedené profese, které jsou zainteresované do projektu Simulačního centra patří:

- Zdravotně technická instalace (ZTI)
- Rozvody plynu
- Vzduchotechnika (VZT)
- Vytápění (ÚT)
- Chlazení (CHL)
- Silnoproudá elektrotechnika
- Slaboproudá elektrotechnika
- Rozvody medicinálních plynů
- AV technologie
- Měření a regulace (MaR)
- Informační systémy
- Kamerový systém
- Elektronické zabezpečovací systémy (EVS)
- Elektronické požární systémy (EPS)
- Požárně bezpečnostní řešení (PBR)

V souvislosti s výše uvedenými profesemi, bude provedena instalace nových technických zařízení. Konkrétně se jedná o rozvody vody, kanalizace, plynu, vzduchotechniky, chlazení, topení, medicinálních plynů, slaboproudých a silnoproudých rozvodů, AV technologie. V objektu bude řešena také stanice kyslíku, oxidu dusného, oxidu uhličitého, medicinálního stlačeného vzduchu, vakua a sání pro stomatologické soupravy.

Hlavním tématem, kterým se tato diplomová práce zabývá, je návrh řízení a monitorování jednotlivých technických a technologických zařízení. Profese, která tento návrh zajišťuje se nazývá Měření a regulace. Touto profesí je navrhován řídicí systém, který zajišťuje automatizaci a řízení budovy.

Řídicí systémy využívají polní instrumentaci (čidla) k monitoringu teploty, vlhkosti, přítomnosti osob, intenzity osvětlení, kvality vzduchu, aj. Získané informace systémy vyhodnocují a na základě vytvořených algoritmů zasílají povely příslušným aktorům, které uvádějí v činnost jednotlivá technologická zařízení.

Jsou dva způsoby řízení objektu. Buď je objekt řízen autonomně, na základě měření fyzikálních veličin nebo ručně obsluhou daného objektu. Tyto dva způsoby se dají zkombinovat a to tak, že si obsluha nastaví požadované hodnoty a ty jsou následně dodržovány řídicím systémem.

Základním požadavkem na automatizaci budov je tedy bezpečné, úsporné a zároveň pohodlné fungování dílčích systému budov, což je úkolem nadřazeného řídicího systému, navrženého profesí Měření a regulace.

1.1 Požadavky pro tvorbu projektové dokumentace

Jak již bylo zmíněno, projektová dokumentace je důležitá pro každou stavbu či pouhou rekonstrukci. Projektová dokumentace se rozděluje do fází, které určují rozsah oné dokumentace, říkáme jim stupně projektové dokumentace. Toto rozdělení určuje Vyhláška č. 499/2006 Sb. ve znění novely č. 62/2013 Sb. o dokumentaci staveb.

V předprojektové přípravě se jedná o stupeň:

- DÚR – dokumentace pro územní rozhodnutí – díky této dokumentaci bude povoleno umístění stavby (příloha č. 1 Vyhlášky 499/2006 Sb.)

V rámci projektu se jedná o stupně:

- DSP – dokumentace pro stavební povolení – na základě této dokumentace se vydává povolení o stavbě (příloha č. 5 Vyhlášky 499/2006 Sb.)
- DZS – dokumentace pro zadávání stavby – pro výběrové řízení slouží jako hlavní podklad nabízejících realizačních firem, na základě této dokumentace se stanovuje výška ceny projektu. Je možné se setkat i s alternativními názvy pro tuto dokumentaci:
 - DVZ – dokumentace pro výběr zhotovitele
 - TD – tendrová dokumentace
 - ZDS – zadávací dokumentace stavby
- DPS – dokumentace provedení stavby – podklad pro provedení stavby (bez ohledu na budoucího dodavatele)
- RDS – realizační dokumentace stavby – podklad pro realizaci stavby (upraveno pro dodavatele stavby)
- DSPS – dokumentace skutečného provedení stavby – tato dokumentace zachycuje konečný stav stavby

Dle Vyhlášky 499/2006 Sb. je zmíněný objekt Simulačního centra projektován v rozsahu DPS (dokumentace provedení stavby).

Pro jednotlivé pozemní a inženýrské objekty, včetně technologických zařízení je projektová dokumentace ve stupni provádění stavby, bývá zpracovávána samostatně. Celková koncepce dokumentace vychází ze stavebním úřadem schválené dokumentace, která byla vypracována a podána ve stupni ohlášení stavby nebo vydání stavebního povolení.

Zpracování projektové dokumentace ve stupni provádění stavby, se provádí z důvodu vytvoření podrobného soupisu stavebních prací, dodávek a služeb. Vše je detailně zpracované v souboru, nesoucí název Výkaz výměr.

Jednotlivé části se zpracovávají podle společných zásad. Obsah a rozsah dokumentace je uveden jako rámcový a v konkrétním případě bude přizpůsoben charakteru a technické složitosti dané stavby a zařízení a vazbě na výše uvedenou profesi. Pokud se některá část ve stavbě nevyskytuje, nebude v dokumentaci obsažena. Organizační uspořádání dokumentace profesí je účelné uspořádat podle postupu realizace stavby a dodavatelského zajištění. Je proto možné sloučení profesí do jedné části. Obecně dokumentace obsahuje technickou zprávu, která popisuje technické údaje obsahující základní parametry dané normativními požadavky pro jednotlivé profese.

Výkresovou část s umístěním jednotlivých strojů a zařízení; instalační výkresy a schémata; výkresy potrubních a kabelových tras včetně připojení koncového zařízení a instrumentace k obvodům měření a regulací nebo řídicího systému; přehledové schéma napájení, uspořádání, vazby a komunikace systémů. Součástí dokumentace jsou taky seznamy strojů a zařízení, včetně technické specifikace. [1]

1.2 Popis budovy simulačního centra

Budova simulačního centra má podzemní podlaží. Nad ním se nachází zvýšené přízemí, který je zároveň první nadzemním patrem objektu. Nová budova se skládá z 5 nadzemních podlaží, kdy poslední je tvořeno vestavbami do dvou krovů a plochou střechou s nautickým můstkem.

Celý objekt je určený pro vzdělávací účely, které slouží pro potřeby výzkumů zaměřených na doktorandské studijní programy. Prostor pro simulaci procesů, testování zdravotnické techniky a rozvoj týmové spolupráce lékařských a nelékařských profesí. Zdravotní péče bude simulována v prostorách, které budou přesnou kopií reality a vybaveny potřebným vybavením.

Výukové zařízení bude tvořit provozně uzavřený a funkčně provázaný celek. Je umístěno v nebytových prostorech splňujících obecné požadavky na výstavbu. V budově vzniknou prostory jakými jsou, Endoskopické simulační operační sály, elektronická vývojová dílna simulátorů, mechanická vývojová dílna simulátorů, chladicí box, technické zázemí endoskopických simulačních operačních sálů, šatny, sociální zázemí, technické zázemí objektu, posluchárna, mamografická vyšetřovna, ultrazvuková vyšetřovna, katetrizační simulační sál, laboratoř mikrovlnného záření, vyšetřovny, rentgenová vyšetřovna, seminární místnosti, učebny ultrazvuku, laboratoř mikrovlnné hypertermie, místnost pro experimenty, učebna endoskopie, sekvenční laboratoř, stomatologická vyšetřovna, laboratoř rozšířené reality, sdílené pracovní prostory, operační simulační sál, lůžkový pokoj, technické zázemí pro simulátory, porodní simulační sál, simulační jednotka intenzivní péče, učebna výživy, vývojová laboratoř, laboratoř extrakorporální membránové oxygenace, laboratoř in-vitro kardiovaskulárního systému, odběrová simulační místnost, PC učebna krizového řízení, PC učebny, laboratoř na čipy.

1.3 Základy pro projektování

Projektování elektrických rozvodů v oblasti výstavby či rekonstrukce zajišťuje projektant. Ten do projektu přenáší své myšlenky vycházející z teoretických znalostí praxe, předpisů, zákonů, vyhlášek a všeobecných podmínek. Ten, kdo tedy zpracovává projektovou dokumentaci by měl:

- mít odpovídající znalosti teoretické elektrotechniky (minimálně střední odborné vzdělání)
- znát základní elektrotechnické předpisy, sledovat jejich vývoj a orientovat se v nich
- mít zkušenosti jako člen týmu, který zpracovává určitý projekt
- znát zákony, vyhlášky a vládní nařízení, včetně sledování jejich vývoje [20]

Mezi základní normy, jejichž znalost je při projektování důležitá, patří následující:

ČSN 33 2000-4-41 ed.3	Elektrotechnické předpisy – ochrana před úrazem elektrickým proudem
ČSN 33 2000-4-43 ed.2	Elektrotechnické předpisy – ochrana proti nadproudům
ČSN 33 2000-6 ed.2	Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize
ČSN 33 2130 ed.3	Elektrotechnické předpisy – vnitřní elektrické rozvody
ČSN 33 2000-1 ed.2	Elektrické instalace nízkého napětí - Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice
ČSN 33 2000-4 ed.2	Bezpečnost.
ČSN 33 2000-5-52 ed.2	Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení
ČSN 33 1500	Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení
ČSN EN 50110-1 ed.3	Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních
ČSN 33 0010 ed.2	Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Rozdělení a pojmy
ČSN 33 2000-4-473	Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům
ČSN 33 2000-5-54 ed.3	Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění a ochranné vodiče
ČSN EN 61 140 ed.3	Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení
ČSN 34 1090 ed.2	Elektrické instalace nízkého napětí: Předpisy pro prozatímní elektrická zařízení
ČSN 34 0350 ed.2	Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení
ČSN 61 439-1 ed.2	Rozvaděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení
ČSN 61 439-2 ed.2	Rozvaděče nízkého napětí - Část 2: Výkonové rozvaděče

Další použité normy, které nejsou tolik důležité, avšak je třeba je dodržet, jsou zmíněny v příloze č. 01 – Technická zpráva. Ve zmíněné technické zprávě se nachází i základní údaje o projektu, projekční podklady, popsané technické řešení, popis dodržení bezpečnosti práce a požadavky na kvalifikaci montážních pracovníků a pracovníků údržby.

2. Popis funkce a řízení technických zařízení budov

Technické zařízení budov (zkráceně TZB) je soubor technologií, které zajišťují vytápění, větrání a chlazení objektu. Aby bylo možné navrhnout řízení těchto technologií, je třeba pochopit jejich princip fungování. Tento princip bude nastíněn v níže uvedených kapitolách. Po teoretickém přiblížení bude popsána navrhnutá polní instrumentaci a řízení jednotlivých zařízení. Rozmístění zařízení níže popsaných technologií je zakresleno v příloze č. 06 ÷ 11 (Půdorys 1.PP ÷ Půdorys 5.NP). V těchto půdorysech jsou navrženy kabelové trasy, ve kterých jsou vedeny níže navržené kabely. Celkový seznam navržených kabelů je obsažen v příloze č. 05 – Seznam kabelů.

2.1 Vzduchotechnika

2.1.1 Obecný popis

Vzduchotechnická zařízení budou pro objekt simulačního centra zajišťovat:

- větrání místností bez možnosti přirozeného větrání okny (operační sály, RTG a mamograf)
- větrání chodeb, šaten a sociálních zařízení
- větrání výměníku
- větrání zdroje chlazené vody pro vzduchotechniku
- odvod tepla ze silnoproudých a slaboproudých rozvodů
- klimatizaci (chlazení) vybraných místností
- klimatizaci (chlazení) shromažďovacích prostor (seminární místnosti, posluchárna, počítačové učebny)

Pro větrání simulačního centra byly navrženy tři vzduchotechnické jednotky. Dvě z jednotek slouží pro větrání hlavních prostor budovy a třetí zajišťuje větrání šaten a WC. Návrh zmíněných jednotek zajišťuje profese VZT, jejichž návrh slouží jako výchozí podklady popisující specifikaci a princip jejich fungování. Tyto podklady jsou pro projektanta profese MaR velice důležité, protože slouží ke správnému návrhu prostředků, zajišťující správné řízení větrání. Konkrétně se jednalo o návrh polní instrumentace, včetně jejich rozsahů a potřebné kabeláže.

Jedním z hlavních podkladů od profese VZT byla tabulka strojů a zařízení, která obsahuje základní parametry. Mezi tyto parametry patří číslo, název a umístění zařízení, hodnota napájecího napětí a elektrického příkonu. Dalším důležitým podkladem byla technika konkrétní jednotky. V tomto dokumentu jsou vypsány detailní parametry všech komponentů, které jsou v jednotce obsaženy. Mezi komponenty patří například přívodní a odtahová klapka, přívodní a odtahový filtr, deskový rekuperátor, vodní ohříváč, přímý výparník, především však přívodní a odtahový ventilátor.

Vzduchotechnická zařízení slouží k úpravě a distribuci vzduchu. Jednotlivé procesy úpravy (ohřívání, chlazení, vlhčení, sušení a filtrace vzduchu) probíhají v komponentech, ze kterých je složena sestavná VZT jednotka, jejíž součástí je dále pohonná jednotka (ventilátor), která zajišťuje uvedení vzduchu do pohybu za účelem jeho transportu na místo určení.

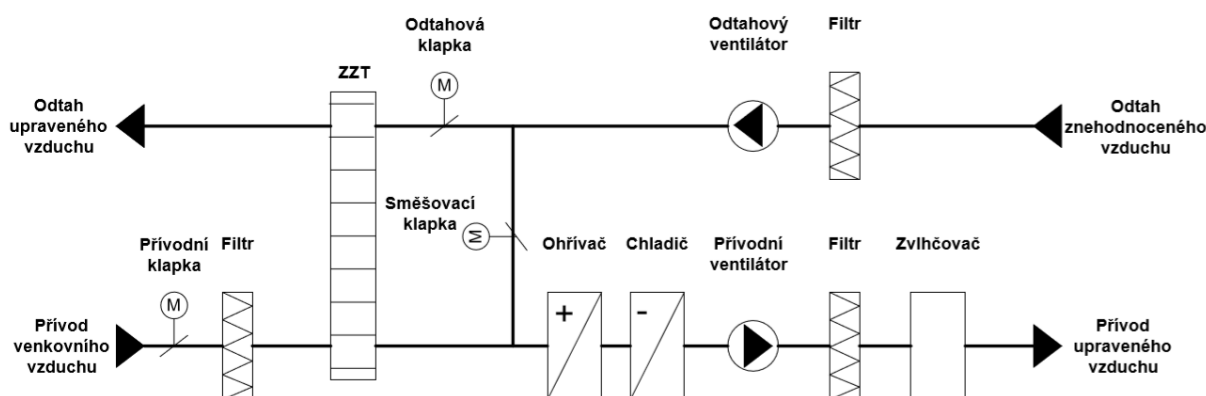
Důležitou součástí vzduchotechnických zařízení jsou vzduchové filtry. Slouží k odlučování částic u běžného větrání a podle střední prachové odlučivosti při specifikované konečné tlakové ztrátě je

dělíme na filtry hrubé a jemné. VZT jednotky vybavené filtrací produkují čistý, zdravý vzduch bez prachu, pylu nebo kouře, což je důležité zejména pro osoby s alergiemi.

Pro VZT jednotky jsou vyhrazeny místnosti, které jsou pojmenovány jako strojovna vzduchotechniky. Je vhodné volit umístění těchto jednotek tak, aby bylo docílena správná cesta přívodního vzduchu. Z důvodu investic a provozních nákladů je důležité navrhnout optimální délku větracího potrubí. Ve vzduchotechnické jednotce se používají tlumicí komponenty, které zajišťují tlumení hluku. Ten může vznikat při chodu samostatné jednotky, ale také při výměně vzduchu. To je způsobeno rychlostí vzduchu v potrubí.

Obrázek 1 zobrazuje model vzduchotechnické jednotky, na kterém jsou zvýrazněny její důležité prvky. Jedná se o jednozónový jednokanálový klimatizační systém. Jednozónový znamená, že vzduchotechnická jednotka upravuje stav vzduchu v jedné, popř. více prostorech, ale se stejným charakterem provozu a tepelné zátěže. Jednokanálový znamená, že jednotka upravuje a přivádí požadovaný vzduch v jednom potrubí a neslučuje konečný stav vzduchu, např. z chladného a teplého vzduchu. Model jednotky se skládá z ohřívače, chladiče, jednotky zpětného získávání tepla, směšovací komory, zvlhčovače, dvojice ventilátorů a trojice filtrů.

VZT jednotka je soubor zařízení sestavený z tzv. komor, které lze uspořádat dle požadované úpravy vzduchu a prostorových požadavků. Základní funkční prvky tvořící VZT jednotku jsou klapky, filtry, jednotka pro zpětné získávání tepla, směšovací komora, chladič, ohřívač, zvlhčovač a ventilátor.



Obr. 1 Blokové schéma vzduchotechnické jednotky

Klapky

V každém přívodním a odtahovém potrubí jsou umístěny uzavírací klapky. Tyto klapky zajišťují uzavření přívodu a odtahu vzduchu v případě, kdy není ventilátor v provozu. Na přívod a odtah lze také umístit regulační klapky, kterými lze regulovat průtok vzduchu. Klapky jsou složeny z listů, který se může v klapce vyskytovat jeden nebo může být listů více. Tyto listy se ovládají samostatně, nebo může být zajištěno jejich ovládání jako celek. Ovládání je zajištěno ručně pomocí mechanické páčky a elektricky, pomocí servopohonu. Polohu těchto listů lze tedy řídit do určité polohy anebo úplně otevřít/zavřít. Funkcí uzavření klapky, je zajištění ochrany. Touto ochranou chráníme vodní ohřívač před zamrznutím.

Filtry

Součástí vzduchu jsou kapalné a pevné částice, případně částice plynu, které přenášejí nepořádek (jinak řečeno znečištěné látky). Filtry se tedy do vzduchotechnické jednotky umísťují z důvodu takové, aby bylo zajištěno odlučení těchto látek. Zmíněné látky jsou obsaženy ve vnitřním i venkovním vzduchu. K dosažení hygienických požadavků, je nutné snižovat koncentraci těchto znečišťujících látek pod normou stanoveny limitní hodnoty. V některých případech je tedy ve vzduchotechnické jednotce umístěno několik filtrů, které jsou podle kvality vzduchu rozděleny na stupně. Hrubé částice jsou zachycovány filtry se stupněm G1÷G4, naopak částice jemné filtry F5÷F9. Je taky možné použít filtry s velmi vysokou kvalitou, které nazýváme HEPA a jejich označení je H10÷H14. V prostorech, kde je potřeba docílit toho, aby se nevyskytovaly mikroorganismy, využijeme filtr nejméně stupně F7. V případě že dojde k zanesení navrhnutého filtru, je nutné tento stav signalizovat a reagovat na něj. Taková reakce si vyžaduje výměnu filtru. Abychom docílili monitoringu zanesení filtru, je nutné měřit tlakovou diferenci.

Ohříváč

Ohříváče umísťované do vzduchotechnické jednotky se dělí podle toho, jakým způsobem je vzduch ohříván. Mezi tyto způsoby patří ohříváč vodní, parní a elektrický. Nejpoužívanějším typem je vodní ohříváč, který představuje výměník s primárním médiem vody a sekundárním médiem vzduchu. Voda je přiváděna s teplotním spádem 55/45°C, což znamená, že na přívodu má voda hodnotu 55°C a při ohřívání vzduchu je na vratu hodnota vody 45°C. Změnou entalpie, jinak řečenou změnou teploty vzduchu dochází za stálé hodnoty vlhkosti. V rámci řízení jsou využity dvě regulace:

- kvalitativní – není změněn průtok, měněna je teploty
- kvantitativní – zde je teploty vody stálá (konstantní) a mění se průtok vody

Druhá z výše uvedených variant není tolik využívána, protože snižuje účinnost celého ohřívání. To je zapříčiněno tím, že výkon výměníku je definován rozdílem teploty vzduch-voda. Čím vyšší rozdíl, tím vyšší výkon.

Chladič

Toto zařízení zajišťuje ochlazování vzduchu. Chladiče pracují na podobném principu, jako výše zmíněné ohříváče s rozdílem nižšího teplotního spádu na přívodu a vratu. Chladiče je možné rozdělit na vodní (chladicí médium je voda) a přímým výparníkem (chladicí médium je chladiivo). V případě, že se jedná o přímý výparník, tak je chladiivo vstříkováno do proudu vzduchu. Tento vzduch prochází skrze výměník, ve kterém se odpařuje. Pomocí stěn výměníků je následně odebírané teplo. Přímý výparník však má jednu nevýhodu, která je při řízení velice důležitá. Touto nevýhodou je riziko zamrzání a následně stížená regulace výkonu. Řízení chlazení ve vodním chladiči je velmi podobné řízení vodního ohříváče. Na přívodu je voda o hodnotě cca. 6°C. Ochlazování stěn výměníku způsobuje, že na vratném potrubí bude hodnota vody vyšší než na potrubí vstupním. Teplota vody se pohybuje kolem hodnoty 12°C.

V případě že dochází ke kondenzaci vzduchu, jedná se o mokré chlazení, u kterého je teplota chladiče nižší než teplota rosného bodu. V opačném případě se jedná o chlazení suché, kterého je povrchová teplota vyšší než teplota vzduchu (rosného bodu – stav když dochází ke kondenzaci).

Zpětné získávání tepla (ZZT)

Toto zařízení využívá odváděné teplo vzduchu, který je odtahován z větraného prostoru. Je možné využít více typů výměníků, mezi které patří výměník regenerační a rekuperační. První z uvedených výměníků, tedy regenerační, obsahuje hmotu, ke které je přiváděno odváděné teplo. Tím, že hmota ve výměníku rotuje, je docíleno předávání tepla. Naopak rekuperační výměník využívá vlastní stěnu, pomocí které dokáže předat teplo. To je předáváno v místě, kde je zajištěno křížení odváděného a přiváděného vzduchu. Je možné přenášet teplo čistě citelné, ale také teplo které má na sobě navázanou vodní páru. Zmíněný rekuperační výměník dokáže přenášet citelné teplo, kdežto výměník regenerační přenáší teplo s navázanou vodní párou.

Využitím rekuperátoru jsou sníženy provozní náklady na spotřebu energie, která je spotřebovávána pro ohřev a chlazení vzduchu. Rekuperační komoru tvoří lamelové desky, které jsou vedle sebe umístěny s minimálními rozestupy. Desky jsou instalovány takovým způsobem, aby bylo umožněno přívodu proudit z jedné strany a z druhé strany byl zajištěn odtah. Tyto desky tedy předávají chladnějšímu vzduchu. Deskový rekuperátor se nejčastěji vyrábí s obtokem (by-passem), který umožní regulovat jeho výkon. Tento výkon je zajištěn řízením obtokové (by-pyssové) klapky).

Směšovací komora

Tato komora zajišťuje směšování čerstvého venkovního vzduchu a vzduchu odtahovaného z prostoru. Teploty a vlhkosti těchto vzduchů jsou odlišné. Výsledná hodnota teploty a vlhkosti je při směšování dána jejich bilancí. Výše zmíněný poměr čerstvého a odtahového vzduchu je regulován pomocí směšovací klapky. Tuto klapku není možné regulovat manuálně ale pouze elektricky pomocí servopohonu. Poměr venkovního a odtahovaného vzduchu se nastavuje jako 100% venkovní vzduchu – v případě že je potřeba pouze větrat, hlavně v letním provozu. V případě že není potřeba intenzivně větrat, dojde k uzavření přívodu venkovního vzduchu a vytápění je zajištěno pouze pomocí odtahovaného vzduchu, který je znovu upravován.

Ventilátor

Do každé vzduchotechnické jednotky jsou umísťovány ventilátory, které zajišťují dopravu vzduchu v rámci potrubí. Jelikož v potrubí a distribuci vzduchu do prostoru dochází k tlakovým ztrátám, je potřeba zajistit, aby ventilátor dokázal pokrýt tlakový rozdíl. Pro VZT jednotku se využívají 4 typy ventilátorů, kterými jsou:

- radiální
- axiální
- diagonální
- diametrální

Mezi nejčastěji používané ventilátory patří ventilátor radiální, který je složen z oběžného kola, sacího a výtlačného hrdla a skříně s elektromotorem.

Zvlhčovač

Ke zvlhčení vzduchu jsou využívány parní zvlhčovače či adiabatické pračky. Parní zvlhčovače pracují za takového stavu, že během celého procesu nedochází ke změně teploty upravovaného vzduchu. Celý průběh je takový, že do upravovaného vzduchu jsou vstřikovány malé kapičky vody. Ve zvlhčovači

tak dochází k odpaření těchto kapiček a tím ke zvýšení vlhkosti. Naopak adiabatické pračky fungují tak, že při zvyšování vlhkosti může dojít i ke snížení teploty upravovaného vzduchu. [19], [21], [22], [24]

2.1.2 Navržené prvky pro řízení vzduchotechniky

Níže budou popsány důležité komponenty a polní instrumentaci, které jsou navrženy pro vzduchotechnickou jednotku zajišťující větrání hlavních prostor budovy (regulační okruh =402.2). Osazení polní instrumentace do vzduchotechnické jednotky je zakresleno v příloze s č. 02 – Schéma regulace.

Měření teploty v potrubí

Hlavní vstupní veličinou, která ovlivňuje správný algoritmus řízení vzduchotechniky, je teplota vzduchu. Proto správné měření teploty je důležité navrhnout vhodný snímač teploty. V prvé řadě je důležité vybrat takový snímač, aby ho bylo možné připojit k řídicímu systému. Pro měření teploty vzduchu ve vzduchotechnickém potrubí je navržen snímač teploty NS 120 se stonkem a plastovou hlavicí od firmy SENSIT. Protože řídicí systém umožňuje jako analogový vstup využít čidla teploty Ni1000, jsou navrženy odporové snímače s kovovým senzorem. Kovový senzor je vyroben z Niklu. Teplotní rozsah snímače se bude měřit v mezích $-30 \div 60$ °C, a to z důvodu nasávání venkovního vzduchu. Jelikož se jedná o snímač teploty se stonkem a hlavicí, je nutné vybrat správnou délku stonku. Vybraná délka stonku je zvolena podle šířky vzduchotechnického potrubí. Pro regulační okruh =402.2 je jeho šířka 1000 mm.

Snímače teploty osazujeme do potrubí tak, aby byl konec snímače zhruba ve středu potrubí. Z tohoto důvodu byl vybrán snímač teploty s délkou stonku 420 mm. Důležité je také navrhnout správné uchycení snímače k potrubí, k čemu nám poslouží držák znázorněný na obrázku 2. Navrhnutý kabel pro zajištění přenosu informací do řídicího systému, je dvoužilový ovládací kabel JYTY-O 2x1mm².



Obr. 2 Snímač teploty NS 120 se stonkem a plastovou hlavicí, včetně držáku [2]

Tabulka 1 Navržené snímače teploty do potrubí vzduchotechnické jednotky

-BT1	Teplota vzduchu přívod	Odporový snímač teploty, se stonkem a s plastovou hlavicí, délka stonku 420 mm, rozsah $-30\div 60^{\circ}\text{C}$, včetně držáku
-BT2	Teplota vzduchu odtah	Odporový snímač teploty, se stonkem a s plastovou hlavicí, délka stonku 420 mm, rozsah $-30\div 60^{\circ}\text{C}$, včetně držáku
-BT5	Teplota vzduchu na přívodu	Odporový snímač teploty, se stonkem a s plastovou hlavicí, délka stonku 420 mm, rozsah $-30\div 60^{\circ}\text{C}$, včetně držáku
-BT6	Teplota vzduchu na odtahu	Odporový snímač teploty, se stonkem a s plastovou hlavicí, délka stonku 420 mm, rozsah $-30\div 60^{\circ}\text{C}$, včetně držáku

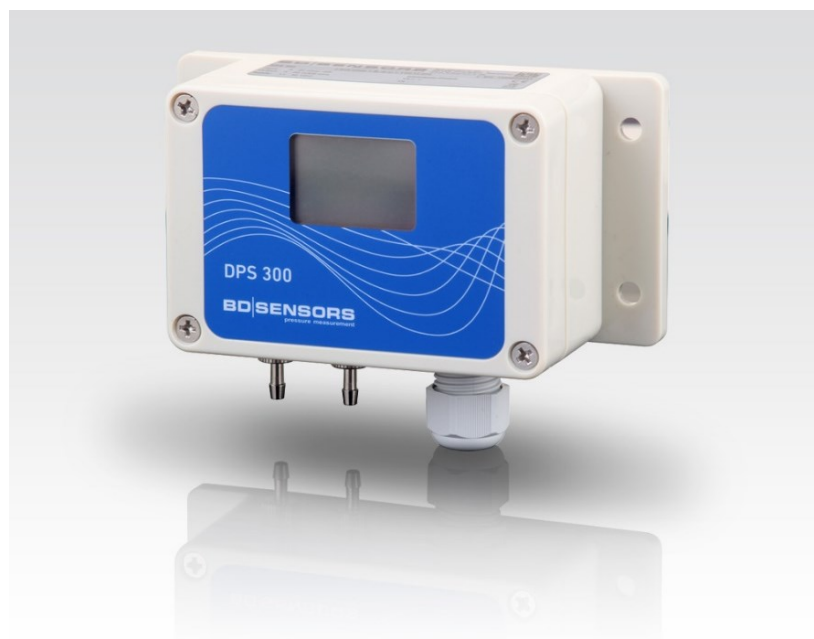
V tabulce 1 se nachází seznam teplotních snímačů, které jsou navrženy pro vzduchotechnickou jednotku =402.2. První dva snímače s označením -BT1 a -BT2 budou umístěny na přívodu venkovního vzduchu, respektive na odtahu vyfukovaného vzduchu. Označení -BT5 a -BT6 mají snímače na přívodu upraveného vzduchu do prostoru, respektive na odtahu znehodnoceného vzduchu z prostoru.

Přívodní a odtahový filtr

Jak už bylo popsáno výše, důležitou vlastností u filtrů je jejich tlaková ztráta. Během provozu se totiž filtry zanesou a je potřeba provést jejich výměnu. Hlavním parametrem pro návrh správného diferenčního snímače tlaku je hodnota tlakové ztráty (jednotka – Pa). Tlaková ztráta je uvedena výrobcem ve zmíněné technice vzduchotechniky. Snímače pracují na principu snímání tlakové difference na filtru, tj. snímání statického tlaku před a za filtrem. Vnitřním kontaktem poté hlásí překročení nastavené tlakové difference, což značí zanesení filtru. Samostatný snímač má zespod dva přípojný body pro odběry tlaků. Z těchto bodů vedou dvě hadičky, které slouží pro odběr tlaku před a za zmíněným filtrem.

Ve vzduchotechnické jednotce je pro přívodní a odtahový filtr navržen filtr typu jemný, tedy druh F5. Výrobcem je pro tyto filtry definovaná tlaková ztráta o hodnotě 124 Pa. Z tohoto důvodu jsem vybral diferenční tlakový snímač firmy BD SENSORS. Konkrétně se jedná o typ DPS300, který je určen pro měření diferenčního tlaku vzduchu a suchých, neagresivních plynů. Rozsah tlakové difference se měří v rozsahu $0\div 400$ Pa.

Je vhodný zejména pro použití v oblasti vytápění, ventilace a klimatizace. Snímač DPS 300 je unikátní tím, že již ve standardním provedení umožňuje volbu čtyř různých výstupních signálů. Variantní provedení pak nabízí jeden nebo dva spínací výstupy, odmocněný výstup neb automatické nulování. Tento přístroj je vybaven dvouřádkovým LCD displejem, který umožňuje snadné nastavení. Na displeji je přehledně zobrazena hodnota měření, zvolená jednotka a stav spínacích výstupů.



Obr. 3 Diferenční tlakový snímač DPS300 [3]

Na obrázku 3 je znázorněn vybraný diferenční tlakový snímač, který bude spínat při maximální hodnotě diferenčního tlaku 124 Pa. V případě aktivace spínaného výstupu, bude snímač do řídicího systému signalizovat jeho zanesení a obsluha tak bude muset provést výměnu filtru. Z důvodu využití snímače s 2vodičovým zapojením, jehož výstupní signál se pohybuje v rozmezí 11÷32 V DC. Pro přenos signálu je navržen dvoužilový ovládacího kabelu JYTY-O 2x1mm². Stupeň krytí toho snímače je IP54.

Deskový rekuperátor

Stejně jako dochází k měření tlakové difference na filtrech, měří se i na deskovém rekuperátoru. Měření probíhá za stejným účelem, a tím je monitorování jeho zanesení nebo zamrznutí. Tento druh rekuperátoru je venkovnímu vzduchu vystavován ustavičně a při nasávání velmi studeného vzduchu hrozí jeho kompletní zamrznutí a tím i velké problémy. Jednak není umožněn průchod vzduchu, ale také může dojít k jeho destrukci (protrhnutí).

Vhodný rozsah diferenčního tlakového snímače se opět volí podle hodnoty tlakové ztráty, která je uvedena v technice VZT jednotky. Pro regulační okruh =402.2 je hodnota tlakové ztráty 214 Pa. Navržený snímač tedy bude totožný jako u filtrů výše, tedy DPS 300 s rozsahem 0÷400 Pa. Typ kabelu pro diferenční tlakový snímač bude totožný jako u filtrů, a to JYTY-O 2x1mm².

Obtoková klapka

Obtoková klapka slouží k regulaci výkonu deskového rekuperátoru. Pro zajištění proudění vzduchu obtokem, je nutné otevřít klapku do požadované polohy. Abychom mohli klapku ovládat z řídicího systému, musí být klapka vybavena servopohonem, který je nutné nespecifikovat. Důležitými parametry pro správně zvolený servopohon klapky je napájecí napětí, řídicí signál a v neposlední řadě potřebný kroutící moment.

Přívodní a odtahová klapka

Tyto klapky zajišťují uzavření proudění vzduchu skrze vzduchotechnickou jednotku. Jedná se o uzavírací klapky, které jsou řízeny digitální signálem. Servopohon tedy musí být navržen tak, aby pohon unášel kulovou klapku za současného napínání zpětné pružiny do provozní polohy (poloha otevřeno). Přerušení napájecího napětí otočí klapku díky energii pružiny zpět do havarijní polohy (poloha uzavřeno).

Z tohoto důvodu byl znovu využit servopohon firmy Belimo. Tentokrát se jedná o pohon s napájecím napětím 24 V a ovládáním otevřít/zavřít. Důležitým parametrem pro správný návrh je i požadovaná hodnota kroutícího momentu, která se rovná hodnotě 8 Nm. Navržený pohon je s typovým označením NF24A a hodnotou 10 Nm. Minimální průřez kabelu je dle výrobce pohonu stanoven na 0,75mm². Z tohoto důvodu je navržen ovládací kabel se 2 žilami a to JYTY-O 2x1mm². Nutné je brát zřetel nato, že uzavírací pohon je dodáván s metrovým kabelem, stejně jako pohon spojitý na obrázku 4, musí být tedy navržena i přepojovací krabice.

Přívodní a odtahový ventilátor

Ventilátory v této vzduchotechnické jednotce jsou jednootáčkové a jejich výkon je dán pevnou hodnotou. Je to z důvodu toho, že je zde požadován konstantní průtok vzduchu. Řízení těchto ventilátorů je tedy zajištěno dvoustavově (signál zapnout/vypnout). Ventilátor má pro řídicí systém vyhrazeny 3 datové body, pomocí kterých je možné jednotlivý ventilátor řídit a zároveň monitorovat jeho provozní a poruchové stavy. Konkrétně se jedná o dva digitální vstupy, signalizující chod a poruchu. Třetí datový bod je přiřazen digitálnímu výstupu, který zajistí zapnutí ventilátoru.

Hlášení o chodu/poruše ventilátoru je z ovládacího obvodu, ovšem toto řešení je nedostačující. Může se totiž stát, že se přetrhne či jinak porouchá hnací řemen ventilátoru. Z tohoto důvodu je potřeba proto navrhnout snímač tlakové difference, který snímá tlak před a za ventilátorem. Navržení snímače je obdobné jako u navrhování snímačů pro filtry, a to podle tlakové ztráty, která je v tomto případě 781 Pa. Podle této hodnoty jsem navrhnul snímač s rozsahem 0÷1000 Pa, který následně zajistí informaci o chodu ventilátoru. V případě že dojde k přetržení řemene, nastane stav, kdy ventilátor přestane foukat vzduch. Následně nastane aktivace digitálního výstupu snímače a ten do řídicího systému signalizuje poruchu ventilátoru.

Z rozvaděče MaR je zároveň zajištěno i silové napájení ventilátorů. Správný kabel je navrhnutý v závislosti na hodnotě proudové zatížitelnosti. Navržený kabel, pro přívodní ventilátor -M1 a odtahový ventilátor -M2, je tedy CYKY-J 5x1,5mm². Pět žilový kabel z toho důvodu, že napájecí napětí těchto ventilátorů je 400 V. Jeho průměr 1,5mm² je pro tyto ventilátory dostačující, protože dle výrobce zvládne proudovou zatížitelnost o hodnotě 18,8 A.

Vodní ohřívač

Vodní ohřívač, jinak řečeno směšovací uzel je řízen oběhovým čerpadlem -M3 a regulačním (směšovací) ventilem -YV3. V případě potřeby ohřívat přiváděný vzduch, je čerpadlo spuštěno signálem „zapnout“ a regulační ventil je otevírán do určité polohy spojitým signálem. Aby bylo zajištěno ovládání ventilu, musí být ventil osazen pohonem.

Z důvodu proporcionálního řízení, se jedná o pohon umožňující řízení signálem 0-10 V a napájením 24 V. Osvědčený výrobce směšovacích ventilů je firma ESBE, která vyrábí pohon řady ARA639. Servopohony jsou vybaveny 1,5metrovým přípojným kabelem., který lze vidět níže na obrázku 5. Z tohoto důvodu je nutné navrhnout přepojovací krabičku, ve které dojde k přepojení kabelů. Navržený kabel pro propojení pohonu a svorek řídicího systému je JYTY-O 4x1mm².



Obr. 5 Servopohon pro směšovací ventil, ESBE ARA639 [5]

Požadovaná poloha ventilu je řízena na základě teplotního čidla -BT3, který snímá teplotu topné vody na přívodu do ohřívače. Zmíněné teplotní čidlo je navrženo jako příložné, protože potrubí dosahuje malé jmenovité světlosti potrubí DN (mm). Na vratném potrubí topné vody z výměníku je osazeno teplotní čidlo -BT4, které slouží jako protimrazová ochrana. Čidlo je navrženo jako příložné od již zmíněného výrobce Sensit, typ NS141, které je znázorněno na obrázku 6. Tato ochrana začne reagovat při teplotě cca 11°C a to otvíráním regulačního ventilu -YV3. Rozsah teploty zmíněného snímače je v rozmezí 0÷100°C.



Obr. 6 Příložné teplotní čidlo NS141 [6]

Tabulka 2 Navržené snímače teploty pro vodní ohříváč

-BT3	Topná voda ohříváče - přívod	Odporový snímač teploty, příložený s plastovou hlavicí, 0÷100°C, včetně upevňovacích pásků
-BT4	Topná voda ohříváče - vrat	Odporový snímač teploty, příložený s plastovou hlavicí, 0÷100°C, včetně upevňovacích pásků

V tabulce 2 jsou vypsané teplotní snímače, které jsou navrženy pro vodní ohříváč VZT jednotky =402.2. Snímače -BT3 a -BT4 jsou určeny pro měření teploty vody a to na přívodním, respektive vratném potrubí.

2.2 Výměníková stanice

2.2.1 Obecný popis

Výměníkové stanice tepla jsou technické zařízení, ve kterých dochází k přeměně parametrů tepelné energie v teplotě látky. Na sekundární straně je tlakově nezávislý způsob zapojení. Prostředkem k tomuto řešení je výměník tepla. Nejčastěji jsou používány výměníky deskové nebo trubkové. Používá se jak v soustavách, kde je primární otopnou látkou voda, tak i pára. Zdrojem tepla může být jak teplárna, tak i výtopna. Technicky se skládá z dílčích komponent (výměník tepla, čerpadlo, měřicí, pojistný ventil, uzavírací a vypouštěcí uzávěry, elektrické a řídicí zařízení apod). Některé z těchto složek jsou nezbytné pro zajištění technologických funkcí výměníkové stanice tepla, jiné slouží k jejich zlepšení.

Podle pracovního média se dají výměníky dělit do dvou základních skupin:

- beze změny fáze (např. výměník vzduch-vzduch, spaliny-voda, olej-voda)
- se změnou fáze (v nich dochází ke změně skupenství).

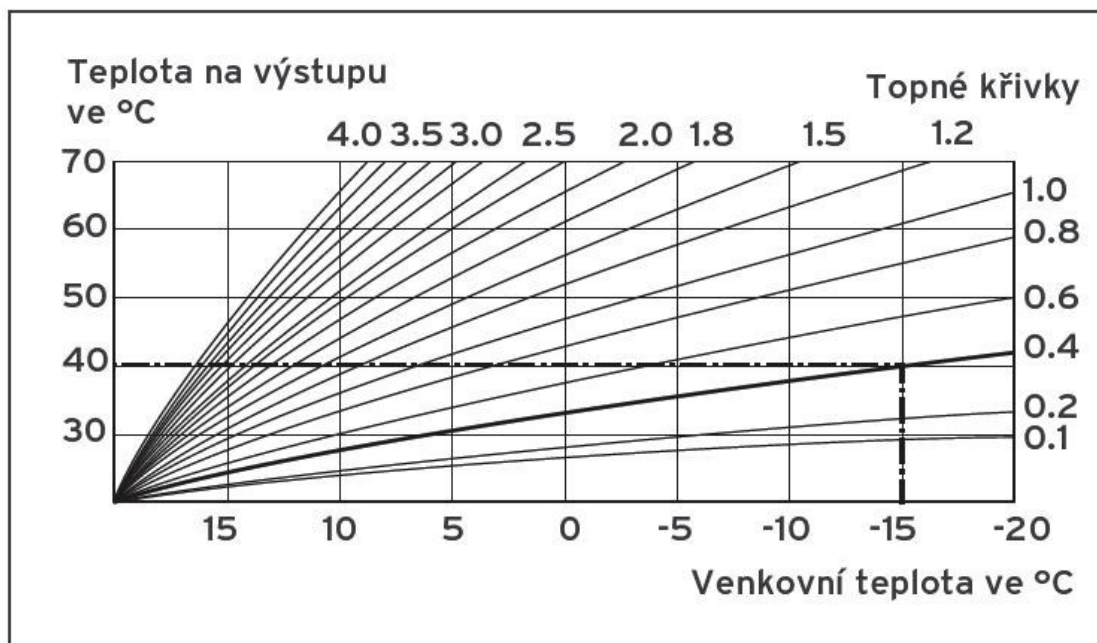
Teplo bývá do objektů dodáváno z tzv. centrály, kterou může být teplárna nebo výtopna. Teplo je tedy do objektu dodáváno s vysokou teplotou (velký tepelný spád). Médium však bývá i pod tlakem, aby nedocházelo k „vaření“ vody při hodnotě vyšší jak 100°C. Nejčastěji bývá využíváno horkovodu nebo páry. Abychom mohli tohoto topného média využívat, je potřeba snížit vysoké parametry na nižší hodnoty. K tomu slouží výměníkové stanice, které dělíme na výměníkové stanice horkovodní nebo parní.

Zdrojem tepelné energie, která je dodávána do systému CZT, jsou již zmíněné výměníkové stanice. Ty se využívají především tam, kde se vyskytuje technologie dálkového vytápění. Slouží tak k tlakovému oddělení primáru a zároveň zajišťuje předregulaci TV pro další objekty. Těmito objekty jsou předávací stanice, které bývají umístěny např. ve sklepech panelového domu. Ve výměníkové stanici se především řeší ekvitermní regulace, centrální ohřev, cirkulace topné vody. Cirkulace je zajištěna oběhovým čerpadlem (řízeno na základě diferenčního tlaku) a také doplňováním upravené vody do otopného systému (řízeno na základě statického tlaku). V případě že je vyžádáno měření spotřeby horké vody, jsou na primárním okruhu ÚT umístěny měřiče tepla.

Ekvitermní regulace

Aby byla zajištěna ekvitermní regulace, je potřeba nastavit teplotu topné vody (zaregulovat) na základě hodnoty venkovní teploty. V případě, že je hodnota venkovní teploty vzduchu nízká, musí být

teplota topné vody vyšší. Toto je zapříčiněno tím, aby byla zajištěna rovnováha mezi dodaným teplem a ztrátami v místnosti. Teplota vzduchu v prostoru místnosti musí zůstat konstantní. K určení požadované teploty jsou vytvořeny ekvitermní křivky. Tyto křivky se nastavují pro žádanou hodnotu prostorové teploty, v závislosti na venkovní teplotě. Výsledná hodnota topné vody bývá regulována ve zdroji tepla, a to buď v tepelném výměníku nebo kotli.



Obr. 7 Ekvitermní křivky pro hodnoty výstupní teploty [7]

Na obrázku 7 jsou znázorněny ekvitermní křivky, které nám určují požadovanou výstupní teplotu. Výstupní teplota topné vody je dána také sklonem topné křivky, podle které je možné lépe reagovat na venkovní teplotu.

Okruhy topné vody

Pro otopný systém jsou využity pojmy směšovaného a přímého okruhu. Na konci každého z těchto okruhů je otopné těleso (konkrétně to může být radiátor, vodní ohříváč VZT jednotky). Každé z otopných těles má dva otvory, do kterých je přivedeno potrubí s vodou. První potrubí zajišťuje přívod topné vody a druhý zajišťuje vrat topné vody. Přívodním potrubím je přiváděna voda o vysoké teplotě, zajišťující vyhřívání prostoru. Vratným potrubím je pak odváděna ochlazená voda. Ochlazená voda má nižší teplotu, protože pomocí otopného tělesa předala teplotu do prostoru. V případě potřeby mít dvě rozdílné teploty, se uvažuje s instalací dvou topných větví. Každá z větví bude mít rozdílnou teplotu. V případě, že se jedná o směšovaný okruh, dochází ke směšování pomocí ventilu. Tento ventil řídí průtok topné vody do otopného systému. Směšovací ventil je řízený na základě ekvitermní regulace, jejíž princip je popsán v odstavci výše. Jedná-li se o přímý okruh, znamená to, že tento okruh není vybaven směšovacím ventilem. Teplota topné vody v přímém okruhu je tedy dána zdrojem tepla.

Přímý okruh je vybaven pouze oběhovým čerpadlem, které zajišťuje zvýšení průtoku topné vody. Tato voda je dopravována k otopným tělesům. V případě požadavku na vytápění, který je vyvoláván z výpočtu ekvitermní křivky, dochází ke spuštění oběhového čerpadla. Teplota topné vody, je

regulována přímo na otopném tělese, které je vybaveno termostatickým ventilem s termostatickou hlavicí. Tato hlavice může být řízena ručně nebo elektricky.

Směšovací okruh je oproti přímému vybaven zmíněným směšovacím ventilem, který zajišťuje regulaci otopné vody na požadovanou hodnotu. Princip fungování je však obdobný. V případě požadavků se spouští čerpadlo, a to dopravuje otopnou vodu k tělesu.

Centrální ohřev TV

Dalším přímým okruhem, který je v rámci výměníkové instalován, bývá ohřev teplé vody (TV). Tato voda je ukládána v zásobníku TV, kde je zajištěn ohřev pomocí topné vody, která je následně ohřívána v deskovém výměníku, pomocí horké vody na primární straně. Zásobník tedy musí být vybaven přívodem a vratem topné vody. Zásobník může být vybaven pro připojení elektrických patron neboli přímotopů. Tyto patrony umožňují přímý ohřev TV. Důležitým otvorem, který je součástí zásobníku je cirkulační potrubí, jež zajišťuje cirkulaci TV po objektu. [22], [23], [26]

2.2.2 Navržené prvky pro řízení výměníkové stanice

Přívod média pro výměníkovou stanici simulačního centra, je zajištěn horkovodem z centrální kotelny, kde je primárním médiem voda o teplotě 100°C. Níže budou popsány důležité prvky umístěné ve výměníkové stanici, včetně jejich řízení. Zmíněna bude taky důležitá polní instrumentace, kterou je v rámci projektu MaR navržena. Tato polní instrumentace zajišťuje řízení zdroje tepla (regulační okruh =200). Osazení polní instrumentace do technologie výměníkové stanice je zakresleno v příloze č. 02 – Schéma regulace.

Kompaktní stanice

Na přívodu horkovodu do výměníkové stanice je osazena kompaktní stanice, která je dodávána jako celek. V tomto celku se nachází dva deskové výměníky a dvoucestný regulační ventil -YV3. Aby bylo možné měřit odebírané teplo, je na přívodu umístěn fakturační měřič tepla -MT1.

Abychom mohli ovládat dvoucestný regulační ventil, je nutné ho osadit servopohonem. Tento pohon je součástí dodávky kompaktní stanice, takže nebylo nutné jeho pohon specifikovat. Specifikace ventilu je tedy dána dodavatelem a to taková, že ventil bude ovládán spojitě. Z důvodu spojitého ovládání bude pohon umožňovat řízení signálem 0-10 V a jeho napájecí napětí bude 24 V DC. Navržený kabel, pro tento pohon je již výše zmíněný typ JYTY-O 4x1mm².

Pro měření teploty za deskovými výměníky, bude dodavatelem kompaktní stanice připraveno měřené místo. Toto místo je specifikováno pro teplotní čidlo s mechanickým upevněním G1/2“ a jímkou 100mm. Navrhnuté je tedy čidlo -BT3 se stonkem, jehož délka je 120mm. Čidlo se tedy zasune do připravené jímky a bude měřit teplotu topné vody. Podle její hodnoty je nastavována požadovaná poloha zmíněného regulačního ventilu -YV3.

Rozdělovač/sběrač

Rozdělovač/sběrač je zařízení, na které jsou připojeny přívodní a vratné potrubí, které rozvádí vodu po objektu. Dvojici přívodního a vratného potrubí se říká topná větev. Rozdělovač/sběrač v navržené výměníkové stanici je navržen s 5 topnými větvemi:

- ÚT sever – teplotní spád 80/60°C
- ÚT jih – teplotní spád 80/60°C
- ÚT dvůr – teplotní spád 80/60°C
- VZT – teplotní spád 70/50°C
- Ohřev TUV

První tři topné větve jsou ekvitermní. Teplota topné větve se nastavuje v závislosti na venkovní teplotě. Zbývající dvě větve jsou přímé, tedy bez jakéhokoli směšování.

Ekvitermně řízené větve jsou osazeny trojcestným ventilem, které zajišťuje zmíněné směšování a oběhový čerpadlem, které zajistí průtok topné vody po potrubních rozvodech. Tato technologie je navržena profesí Vytápění, jejíž projekt je vstupním podkladem pro vyhotovení projektu MaR. V těchto podkladech byly navrženy čerpadla, včetně jejich elektrických parametrů. Podle těchto parametrů byl navrhnut správný kabel. Kritériem pro správný návrh kabelu bylo napájecí napětí čerpadla a jeho jmenovitý výkon, který ovlivňuje jeho proudovou zatížitelnost. Jelikož je napájecí napětí všech oběhových čerpadel 230V, navržený kabel tedy musí být 3-žilový a musí obsahovat vodiče L, N a PE. Jmenovitý výkon těchto čerpadel nepřesáhl hodnotu 1kW, je tedy dostačující použít kabel CYKY-J 3x1,5mm². Tyto čerpadla jsou zapínány na základě požadavku topné vody, a to ovládacím obvodem v rozvaděči MaR. Tento obvod je zapínán digitálním signálem z řídicího systému.

Zmíněné trojcestné ventily je potřeba osadit pohonem se spojitým ovládním. Proto bude použit pohon s řídicím signálem 0-10 V a napájecím napětím 24 V DC. Jedná se o totožný pohon, který je navrhnutý v kapitole 2.1.2, pro směšovací ventil vodního ohřevače. Znovu byl vybrán servopohon firmy ESBE, s typovým označením ARA639.

Aby bylo docíleno správného řízení směšovacího ventilu, je nutné využívat snímač teploty na přívodu topné větve a snímač venkovní teploty. Pomocí těchto teplot jsou nastaveny ekvitermní křivky, díky kterým je docíleno správné nastavení teploty vody ÚT. Pro snímání teploty vody na přívodu topné větve, je osazen příložený snímač teploty. Jedná se o příložené čidlo Sensit NS141. Měření teploty je prováděno v rozsahu 0÷100°C, čímž bude docíleno správné měření, jelikož teplotní spád topné vody je 80/60°C. Dále došlo k návrhu čidla venkovní teploty, které stejně jako ostatní čidla teploty od firmy Sensit. Jedná se o čidlo NS111, které dokáže měřit v rozsahu -30÷60°C. Tento rozsah je pro naše klimatické podmínky ideální.

Na základě vypočtené výstupní hodnoty je regulován směšovací ventil, což znamená, že v případě potřeby teplejší vody je ventil otevírán na určenou hodnotu v %. V případě že stačí voda chladnější, je ventil přivírá.

Ohřev TUV

Okruh TUV je napojen na hlavní horkovod a pomocí výměníku TV je předávána tepelná energie z primární strany výměníku TV (okruh horkovodu) do sekundární strany výměníku TV (okruh TUV). Regulační okruh se skládá z regulačního dvoucestného ventilu -YV4 před výměníkem TV, pro který je navržen servopohon ARA639 s řídicím signálem 0-10 V a napájecím napětím 24 V. Za výměníkem TV

je umístěn snímač teploty TUV -BT5 pro regulaci zmíněného dvoucestného ventilu. Jako snímač teploty je navržen stonkový snímač s délkou stonku 70mm a příložný termostat -ST2 pro snímání přehřátí TUV v okruhu TUV. Dále je teplá užitková voda přiváděna do zásobníku TUV.

Zásobník TUV

V akumulční nádrži neboli zásobníku TUV je potřeba monitorovat teplotu vody. Kvůli vrstvení vody osazujeme dva snímače teploty, a to do horní a dolní části zásobníku. Už od výroby jsou zásobníky připraveny pro osazení snímačů, kdy jsou připraveny dva návarky s jímkou a mechanickým připojením G1/2“. Z toho důvodu je pro měření navržen snímač s typovým označením NS120, který má plastovou hlavicí a stonek. Snímač se zasouvá do připravené jímky a upevňuje se pomocí úchyty G1/2“. Vybraný snímač je popsán v kapitole 2.1.2, kde je zmíněný v souvislosti s měřením teploty v potrubí VZT. V případě měření teploty v zásobníku je nutné použít stonek o délce 360 mm.

Cirkulace

Cirkulace teplé vody je stálý oběh vody v potrubí, který je zajištěn cirkulačním potrubím s cirkulačním čerpadlem. Čerpadlo zajišťuje, že se voda z nejvyšších částí stoupacích potrubí vrací zpět do ohříváče. Chod cirkulačního čerpadla je svázaný s dobou ohřevu TUV. Při tvorbě algoritmu řízení je nutné nastavit jeho časový plán, kdy bude zmíněné čerpadlo provozováno. Pro napájení a řízení čerpadla cirkulace je využit kabel CYKY-J 3x1,5mm². Zapínání čerpadla je opět provedeno digitálním výstupem z řídicího systému, kdy je spínán jeho ovládací obvod v rozvaděči měření a regulace.

Zabezpečení výměníkové stanice

V rámci výměníkové stanice monitorujeme poruchové a havarijní stavy. Poruchové stavy jsou pouze signalizovány na vizualizace objektu, aby obsluha věděla že něco není v pořádku. Naopak havarijní stavy zajišťují odstavení technologie výměníkové stanice z provozu. V případě, že dojde k poruchovému či havarijnímu stavu, nesmí se stát to, že dojde k opětovnému provozu. Musí být zajištěno to, že tyto stavy musí odblokovat obsluha. Toto je docíleno kvitačním tlačítkem na dveřích rozvaděče. Ve výměníkové stanici jsou snímány tyto stavy:

- **Tlak v systému** – pro monitorování tlaku soustavy je navržen tlakový snímač, který hlídá minimální, provozní a maximální tlak. V případě, že by byl v soustavě tlak minimální, může dojít k poškození oběhových čerpadel, které by fungovali na sucho. Stejně tak může dojít k destrukci zařízení v případě provozu při maximálním tlaku. Správně navržený tlakový snímač musí mít vhodný měřicí rozsah. Z tohoto důvodu byl vybrán rozsah 0÷10 bar, jehož výstupní signál při 3vodičovém zapojení je 0-10 V. Kabel zajišťující přenos naměřené hodnoty do řídicího systému je JYTY-O 4x1mm². Pro měření tlaku v soustavě bude využit snímač firmy BD SENSOR, s typovým označením DMP 331, který je vyobrazen na obrázku 8. Na obrázku je znázornění mechanického připojení snímače, kterým je závit G1/2“. Z tohoto důvodu je potřeba mít na potrubí připravený návarek s mechanickým připojením závitu G1/2“.



Obr. 8 Snímač tlaku DMP 331 [8]

- **Maximální teplota teplé užitkové vody** – jelikož je TUV rozváděna v celém objektu, je nutné hlídat její přehřátí. V případě že dojde k překročení maximální teploty, může nastat opaření lidí horkou vodou. Proto je na na výstupním potrubí ze zásobníku TUV osazen havarijní termostat, který je nastaven na hodnotu 65-75°C. Jedná se o příložný termostat, který je v potrubí připevněný pomocí uchycovacích pásek, viz obrázek 9. Navrženým termostatem je produkt firmy Siemens, RAM-TW.2000M. V případě že dojde k překročení nastavené teploty, spíná se vnitřní kontakt termostatu a do řídicího systému je přiveden signál přehřátí. Tento signál odstavuje ostavení technologii ohřevu a do místa obsluhy signalizuje havarijní stav. Kabel havarijního termostatu je JYTY-O 2x1mm².



Obr. 9 Havarijní termostat RAM-TW.2000M [9]

- **Maximální teplota prostoru** – tento stav je hlídáný z logického důvodu, aby nedocházelo k přehřívání prostoru. Tímto stavem může dojít k poškození zařízení, které nejsou na takovou okolní teplotu stavěné, ale také může dojít k ohrožení zdraví lidí pohybujících se v prostoru. Maximální teplota je nastavována v rozmezí 35÷45°C. Pro hlídání maximální teploty, je navržen prostorový snímač firmy Sensit s označením NS111, ukázka na obrázku 10. Vybraný snímač měří v rozsahu 0÷60°C, a to z toho důvodu, že se nepočítá teplotou pod bodem mrazu a

zároveň nedojde k překročení maximální teploty prostoru. Prostorový snímač se umísťuje na zeď prostoru a je k němu připojený kabel JYTY-O 2x1mm².



Obr. 10 Prostorový snímač teploty NS111 [10]

- **Zaplavení prostoru** – aby nedošlo k zaplavení prostoru, ke kterému může dojít v případě poškození potrubí, je instalován snímač zaplavení. Vybraným snímačem, pro výměňikovou stanici je snímač hladiny SZ 4, vyráběný firmou Regmet. Jedná se o snímač napájený 24 V DC a releovým výstupem. Plastovou krabičku je možné upevnit na stěnu. Jelikož jde o vodivostní snímač, tak při spojení elektrod v dolní části krabičky vodivým médiem (vodou), dochází k aktivaci reléového výstupu. Ten pomocí kabelu JYTY-O 4x1mm² přenesení poruchový stav na svorky řídicího systému a následně je odstavována celá výměňiková stanice a vyhlášení poruchového stavu. Zmíněné elektrody jsou k vidění na obrázku 11.



Obr. 11 Snímač hladiny SZ4 [11]

Do prostoru výměňikové stanice došlo k umístění tlačítka TOTAL STOP, které se nachází u vstupních dveří. V případě, že obsluha stanice zjistí nežádoucí událost, okamžitě aktivuje bezpečnostní prvek a tím odstavuje stanici od provozu. Tímto odstavením je možné předejít následným škodám zařízení nebo újmě na zdraví.

2.3 Chlazení

2.3.1 Obecný popis

Při běžné klimatizaci administrativních nebo luxusních obytných budov se nejběžněji používají dva základní způsoby chlazení:

- přímé chlazení
- nepřímé (vodní) chlazení

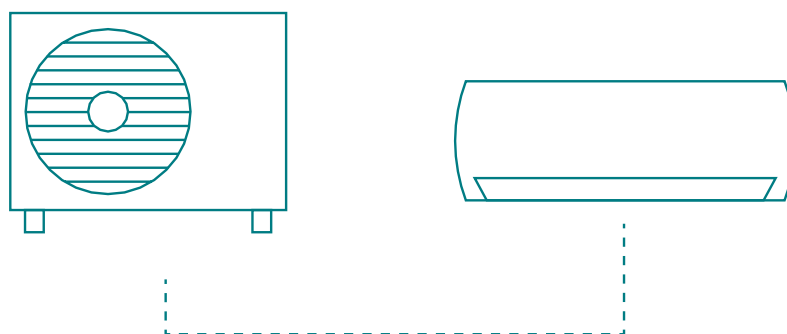
Hlavní podmínky pro výběr způsobu chlazení jsou:

- investiční náklady
- potřebný výkon zařízení a jeho regulovatelnost
- použití zařízení chlazení i pro vzduchotechniku
- možnosti chlazení kondenzátorů chladicí jednotky
- prostorové nároky, možnosti umístění
- provozní nároky, nároky na obsluhu a regulaci.

Přímé chlazení spočívá ve chlazení vzduchu přímo výparníkem (výparníky) chladicí jednotky. Tento způsob se používá především k lokálnímu chlazení jednotlivých místností obytných budov nebo jednotlivých kanceláří menších administrativních objektů. Jedná se o tzv. SPLIT, MULTISPLIT a VRV/VRF chladicí systémy.

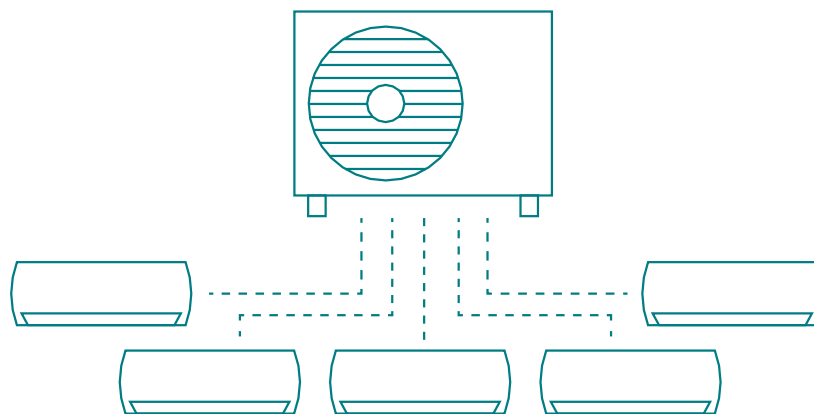
SPLIT systémy

Split systémy jsou jedním z nejpoužívanějších systémů chlazení. Přímé chlazení kompaktními chladicími jednotkami, SPLIT a MULTISPLIT jednotkami se používá pro lokální chlazení místností s výkony od 2 kW u SPLIT systémů do 30 kW u MULTISPLIT systémů. SPLIT systém se skládá z jedné venkovní kompaktní jednotky, která obsahuje kompresor, kondenzátor, ventilátor a řídicí jednotku a odděleného výparníku (vnitřní jednotce), který je umístěn ve chlazené místnosti. Obrázek 12 znázorňuje propojení vnitřní jednotky (výparníku) s jednotkou venkovní. Toto spojení je provedeno měděným potrubím, které zajišťuje vedení chladiva.



Obr. 12 Schéma Split systému [12]

Jednu venkovní jednotku lze připojit i více vnitřních jednotek jako je tomu na obrázku 13, pak hovoříme o tzv. MULTISPLITECH či VRV systémech. V současné době, jsou již téměř všechny split systémy od renomovaných výrobců v provedení „tepelné čerpadlo“. To znamená, že jedním zařízením lze daný prostor nejen chladit, ale i vytápět. Vnitřní jednotky jsou s tou venkovní opět propojeny měděným potrubím.



Obr. 13 Schéma MULTISPLIT systému [12]

VRV/VRF systém

Je možné, že se jedná o dvě odlišné technologie, ale ve skutečnosti jsou tyto systémy odlišeny pouze obchodním názvem. Jediným médiem, které v tomto systému proudí je chladivo. Zmíněné obchodní názvy rozlišují pouze objem (volume) a průtok (flow) chladiva.

VRV = Variable Refrigerant Volume (variabilní objem chladiva)

VRF = Variable Refrigerant Flow (variabilní průtok chladiva)

Klimatizační systémy VRV/VRF se díky své variabilitě hodí stejně dobře pro instalaci do rodinného domu jako do velké administrativní budovy. Venkovní jednotky se vyrábí od výkonu 12 kW, a právě ty jsou vhodné pro RD a malé kanceláře. Díky možnosti propojit venkovní jednotky do jednoho celku (modulární řešení) může mít celý systém stovky kW chladicího výkonu.

Obrázek 14 zobrazuje zajímavou možnost těchto klimatizačních systémů, kdy je možno libovolně kombinovat typy vnitřních jednotek. To znamená, že v jednom systému můžeme mít kombinaci kazetových, nástěnných, kanálových či parapetních klimatizací. Díky této variabilitě můžeme pomocí jednoho klimatizačního systému chladit různé druhy prostor. Např. můžeme chladit serverovnu či technickou místnost pomocí kanálové klimatizace, openspace prostory kazetovými jednotkami a v kancelářích mohou být umístěny nástěnné jednotky a vše bez problémů běží v jednom klimatizačním systému na jedné venkovní jednotce. [20]

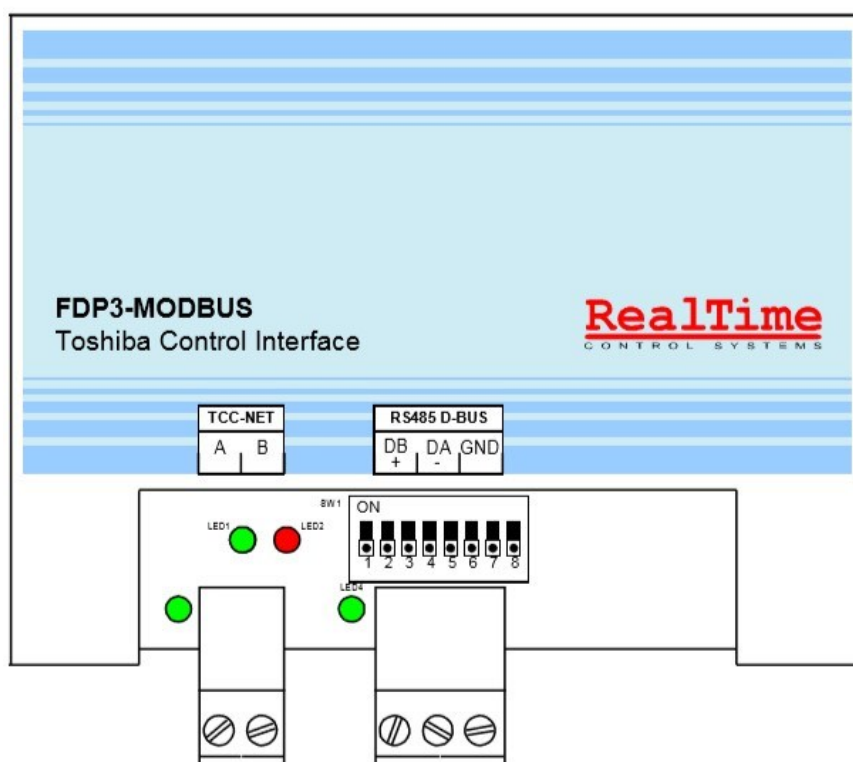


Obr. 14 Schéma VRV/VRF systému [13]

2.3.2 Navržený způsob řízení chlazení

Pro systém chlazení budovy simulačního centra je využit VRF systém. Na střeše objektu jsou umístěny venkovní jednotky, které jsou propojeny s vnitřními jednotkami pomocí Cu potrubí. Venkovní jednotky jsou taktéž vybaveny tepelným čerpadlem, který umožní chlazení a zároveň i vytápění prostoru. Ovládání vnitřních jednotek je provedeno pomocí dálkových ovladačů, které jsou součástí dodávky chladicí technologie. Tyto ovladače jsou propojeny s vnitřní a následně venkovní jednotkou a pomocí komunikační kabeláže. Zmíněné ovladače jsou umístěny v prostoru kanceláří a je možné pomocí nich snižovat či zvyšovat teplotu. Systém VRF jednotky získává z ovladačů důležité informace, kterými jsou požadavky na teplotu a další různá nastavení (otáčky ventilátoru, ON/OFF, požadavek na chlazení/topení). Vnitřní jednotky jsou vybaveny senzorem teploty, který předá systému informaci o teplotě v místnosti. Pomocí těchto senzorů a vytvořené vnitřní logiky dodržuje požadovanou teplotu.

Technologie chlazení má autonomní provoz a není potřeba do něj zasahovat. Venkovní jednotky jsou vybaveny komunikační kartou FDP3-MODBUS, která umožní komunikaci nadřazeného systému MaR s chladicí jednotkou pomocí komunikačního rozhraní RS485 s protokolem Modbus RTU. Díky této komunikaci je možné integrovat technologii do systému měření a regulace a vzdáleně ji tak monitorovat, případně řídit.



Obr. 15 Komunikační karta FDP3-MODBUS [14]

Na obrázku 15 je možné vidět komunikační kartu, kterou jsou vybaveny řídicí jednotky venkovních chladicích jednotek. V levé části se nachází svorky s komunikací TCC-NET, která slouží pro sériové připojení vnitřních jednotek. V pravé části jsou umístěny svorky zajišťující komunikaci RS485.

Díky komunikační kartě došlo k propojení řídicího systému a chladicí jednotky pomocí komunikačního kabelu J-Y(st)Y 2x2x0,8. Tento kabel zajistí přenos informací mezi procesní podstanicí navrženou v rámci řídicího systému a řídicí jednotkou chladicí jednotky. V rámci přenosu informací jde do nadřazené systému MaR přenášet provozní a poruchové stavy vnitřních jednotek. Na vizualizaci je tedy možné vidět, která jednotka se nachází ve stavu chodu a která ve stavu poruchy. Dále je umožněno přenášet hodnotu teploty, která je v prostoru místnosti měřena teplotním senzorem vnitřní jednotky. Důležitou možností, kterou integrace umožňuje je ovládání chodu vnitřních jednotek. Je tedy možné vzdáleně tyto jednotky zapínat/vypínat. Blokování chodu vnitřních jednotek je provedeno v rámci možného souběhu technologie vytápění (pomocí radiátorů) a technologie chlazení (vnitřní jednotky). Tímto návrhem je docíleno toho, aby člověk v zimním období příliš netopil a následně si tak dopřával vychlazení přetopené místnosti. Nebude mu tedy dovoleno využít chladicí jednotky ke snížení teploty v místnosti.

Současně jde také odstavovat chod venkovní jednotky, a to v závislosti na regulaci $\frac{1}{4}$ hodinového maxima, které je popsáno v kapitole 2.6.

2.4 Monitoring a regulace teploty jednotlivých místností

Do místností, které budou permanentně obývány uživateli, je nutné instalovat prostorové regulátory. Tyto regulátory budou nejen monitorovat, ale také umožní regulovat prostorovou teplotu. Ve vybraných místnostech se nachází otopná tělesa, na jejichž přívodu budou umístěny regulační ventily s termickým pohonem. Pomocí zmíněného prostorového regulátoru budou řízeny termické pohony, které zajistí změnu prostorové teploty. Tomuto se říká IRC regulace (Individual room control), neboli jednotlivá regulace místnosti. Jako regulační prvek jsem navrhnul prostorový regulátor s komunikací KNX RDG100KN, který je na trh dodáván firmou Siemens.



Obr. 16 Prostorový regulátor RDG100KN [15]

Navržený regulátor, který se nachází na obrázku 16, má dvě tlačítka, kdy jedno umožňuje přepínač druhu provozu a druhé slouží pro výběr režimu ventilátoru. Pod tlačítka je otočné kolečko, umožňující nastavení požadované teploty a nastavení regulačních parametrů. Prostorový regulátor bude s ŘS komunikovat po sběrnici KNX, která bude realizována KNX kabelem UNITRONIC® BUS EIB 2x2x0,8.

2.5 Elektronická požární signalizace

Vznik požáru a jeho následné šíření se budovou, může ohrozit zdraví osob a v nejhorším případě taky ztráty na životech. Požár také může způsobit škody na majetku. Z tohoto důvodu se instaluje požárně bezpečnostní zařízení, které při správném navržnutí a instalaci může škody minimalizovat nebo úplně vyloučit. V případě že požár vznikne, je důležité, aby v objektu došlo k jeho omezení. Omezením může být brána správná evakuace osob, zabránění šíření požáru v jednotlivých částech uvnitř, ale také mimo objekt. Nejdůležitější je včas informovat požární jednotky a umožnit jim co nejjednodušší zásah.

Zařízení elektrické požární signalizace slouží k včasné signalizaci vzniklého ohniska požáru nebo požáru. Samočinně nebo prostřednictvím lidského činitele urychluje předání této informace osobám určeným k zajištění represivního zásahu, případně uvádí do činnosti zařízení, která brání rozšíření

požáru, usnadňují, případně provádějí protipožární zásah. Primárním úkolem EPS je zabránit ohrožení osob, zvířat nebo ochránit materiální hodnoty před požárem. [27]

Navržené řešení v koordinaci s EPS

Elektronická požární signalizace, slouží také k odstavení VZT jednotky v případě požáru, a proto je třeba provést integraci signálů do nadřazeného systému měření a regulace. Z ústředny EPS je přiveden signál „požár“ na svorky řídicího systému, který následně odstavuje VZT jednotku od provozu. Toto odstavování je prováděno z bezpečnostních důvodů, a to z toho důvodu, aby nebylo podporováno šíření ohně a jeho nebezpečného kouře. Na základě tohoto, došlo ke koordinaci s profesí Slaboproudu, která zpracovává projekt Elektronické požární signalizace. Této profesi byl předán půdorys s umístěním rozvaděčů, do kterých je nutné přivést signál zajišťující odepínání VZT jednotek. Konkrétně se jedná o dvojici rozvaděčů (+DMR0.1 a +DMR5.1), ze kterých jsou napájeny a ovládány větrací jednotky. Kabeláž mezi systémem EPS a rozvaděči MaR je součástí dodávky profese Slaboproudu.

Další záležitostí, kterou elektronická požární signalizace zajišťuje je uzavírání požárních klapek. Tyto klapky jsou zavírány při požáru, aby stejně jako při odepínání VZT jednotek, nedocházelo k šíření ohně a kouře. Klapky jsou ve většině případů vybaveny se servopohonem na 230 V, jak lze vidět na obrázku 17. Její napájení je zajištěno z rozvaděče požární ochrany (RPO) a aktivováno ze systému EPS.

Součástí projektu MaR je jejich monitoring. Tento monitoring je prováděn z důvodu informace o správném uzavření, ale také z důvodu servisování možné poruchy. V poruchovém stavu je jednoduché zjistit, která příslušná klapka má poruchu. Tyto klapky mají svorky na 230V, je nutné tedy navrhnout dvoužilový kabel, CYKY-O 2x1,5mm². Na svorky řídicího systému MaR se přenáší digitální informace (digitální vstup).



Obr. 17 Požární klapka se servopohonem 230 V [16]

2.6 Systém regulace ¼ hodinového maxima

Hlavním cílem distributora, který zajišťuje elektrickou energii zákazníkovi, je to, aby měl zákazník, pokud možno konstantní odběr. Aby bylo možné tohoto cíle docílit, dochází k zamezením odběrových špiček. V jednoduchosti to znamená, že zákazník se distributorovi smluvně zaváže, že nepřekročí maximálně sjednané množství elektrické energie. Toto odebírané množství se měří při patnáctiminutovém intervalu. Proto se tento způsob nazývá čtvrt hodinové maximum. V případě, že je sjednaný limit překročí, je zákazník nucen platit smluvní pokutu. Překračování čtvrt hodinového maxima hlídá digitální elektroměr, instalovaný u zákazníka.

Aby byl zákazník schopen nasmlouvanou maximální hodnotu efektivně využít a přitom nepřekročit, využívá regulátory čtvrt hodinového maxima: zařízení, která snímají aktuální odběr a pokud hrozí překročení nasmlouvaného odběru, automaticky odpínají některé spotřebiče. Při správném rozdělení odpínatelných spotřebičů do skupin je možné původní nasmlouvanou hodnotu čtvrt hodinového maxima snížit a tím ušetřit na paušálních platbách.

Navržené řešení pro regulaci ¼ hodinového maxima

Po koordinaci s projektantem silnoproudu, který zajišťuje dodávku samotného regulátoru byl navržen následující systém. Celý systém se skládá z galvanického oddělovače impulsů, který je schválen dodavatelem elektrické energie. Tento oddělovač je připojen k fakturačnímu elektroměru, jenž snímá spotřebu odebírané elektrické energie. Galvanický oddělovač tedy přenáší impulsy činného výkonu, jalového výkonu, odběru, dodávky a ¼ impuls do autonomního regulátoru.

Regulátor je vybaven binárními vstupy, které slouží pro přijímání informací z galvanického oddělovače a výstupy, zajišťující předávání informací o odstavování spotřebičů. Tyto výstupy jsou zavedeny přímo na svorky řídicího systému. Navržený systém MaR, umístěný v blízkosti regulátoru ¼ hodinového maxima, je vybaven ethernetovým portem a vstupním modulem. Ethernetový port zajistí připojení do místní počítačové sítě LAN (přípravu ethernetové zásuvky se samostatnou IP adresou zajistí po koordinaci profese slaboproudu). Tímto připojením je zajištěna komunikace s ostatními systémy MaR, které zajistí odstavování vybraných zařízení tak, aby nedošlo k překročení ¼ hodinového maxima. Dle informací ze strany investora, viz by mělo docházet k odpínání součtového příkonu cca 40-50 kW, viz Tabulka 3. Odpínání je možné odstupňovat v 8 prioritách.

Tabulka 3 Navrhované zařízení k odepínání

Zařízení č.	Elektrický výkon [kW]
=411-CHL3.3a	10
=411-CHL3.5a	10
=313-CHL3.6a	7,69
=313-CHL3.7a	7,69
=314-CHL3.9a	10

Ve výše uvedené tabulce jsou vypsány zařízení, které mají určené priority a na základě signálů z regulátoru ¼ hodinového maxima budou odepínány. Odepínání těchto zařízení je realizováno pomocí komunikačního rozhraní RS485 s protokolem Modbus RTU (viz kapitola 2.3.2).

3. Řídicí systém

Pro řízení technologických procesů, které je potřeba automatizovat se využívají programovatelná zařízení, kterým se říká řídicí systém (ve zkratce ŘS). Pomocí prostředků, které jsou využívány ve výpočetní technice, se tyto řídicí systémy nasazují do prostředí regulační či automatizační techniky. Hlavní funkcí ŘS je akusticky či graficky signalizovat překročení mezních hodnot. Ty jsou měřeny čidly anebo vypočítány pomocí algoritmů. Pokud se jedná o řízení složitějších technologických zařízení, které spotřebovávají velké množství elektrické energie, je možné snižovat jejich výkon. Tím dochází k energetické úspoře, která je pro tyto zařízení významná.

Jelikož nedokázaly původní PLC stavěné ke zpracování binární logiky, bylo jejich cílem zajistit nahrazování reléových zařízení. S postupem času docházelo k rozvoji polovodičových součástek, díky kterých docházelo k rozšíření spektra využití. Tyto systémy tedy dokázaly zpracovávat analogové signály, matematické funkce až po možnost provádět složité řízení pomocí zpracování:

- binárních signálů
- analogových hodnot
- komunikaci s jinými systémy
- přenos dat
- archivaci naměřených hodnot
- vlastní diagnostiku
- tiskové výstupy atd.

Za řídicí systém lze považovat programovatelný logický automat neboli PLC, což je relativně malý průmyslový počítač používaný pro automatizaci procesů v reálném čase – řízení strojů nebo výrobních linek v továrně. PLC automaty jsou odlišné od běžných počítačů nejen tím, že zpracovávají program cyklicky, ale i tím, že jejich periferie jsou přímo uzpůsobeny pro napojení na technologické procesy. Převážnou část periferií v tomto případě tvoří digitální vstupy (DI) a digitální výstupy (DO). Pro další zpracování signálů a napojení na technologii jsou určeny analogové vstupy (AI) a analogové výstupy (AO) pro zpracování spojitých signálů. S rozvojem automatizace v průmyslu jsou používány i další moduly periferních jednotek připojitelných k PLC, které jsou nazývány funkčními moduly (FM) např. pro polohování, komunikačními procesory pro sběr a přenos dat a další specifické moduly podle výrobce konkrétního systému. Z hlediska konstrukce PLC se tyto dělí do skupiny „kompaktních“ a „modulárních“ systémů.

Původně malé počítače pro automatizaci již dorostly do výkonných řídicích systémů, kdy jádro řídicího systému (modul CPU) obsahuje i několik procesorů, z nichž má každý svoji specifickou funkci. Malé a levné jednotky CPU samozřejmě neobsahují veškeré vymoženosti a komfort jako výkonově velké CPU. U velkých CPU je architektura (více procesorů) použita z důvodu zajištění potřebné odezvy a rychlosti zpracování dat v reálném čase. Každé CPU obsahuje jeden „hlavní“ procesor, který zpracovává programový algoritmus řízení (vytvořený programátorem jako uživatelská aplikace), a další procesory, které jsou tomuto podřízeny. Tyto podřízené procesory zajišťují komunikaci po interní sběrnici s jednotkami vstupu/výstupu, komunikaci s dalšími procesory (např. na síti), sběr dat z centrálních periferií a další funkce. Řídicí jednotky některých modulárních systémů jsou ve

skutečnosti klony osobních počítačů v provedení se zvýšenou odolností vůči vnějším vlivům a s upraveným standardním desktopovým operačním systémem.

Cena malých řídicích systému se pohybuje cca okolo 10 tisíc Kč, kdežto výkonnější a rozsáhlejší systému se pohybují okolo částek až půl milionu Kč. Vzhledem k tomu, jak jsou tyto systémy efektivní v rámci usnadnění obsluhy a energetické úspornosti, je tato investice vhodným řešením. Cena tohoto systému se pohybuje v závislosti, jaká technologie se má řídit. Polovinu zmíněných nákladů totiž netvoří samostatný řídicí systém, ale polní instrumentace a naprogramování neboli napsání algoritmu řízení. V případě že se jedná o modulární systém, ovlivňuje cenu počet navržených vstupně/výstupních modulů.

PLC se svojí konstrukcí hlavně hodí buď pro centrální řízení jednodušších aplikací MaR nebo u velkých regulačních a řídicích systémů pro distribuované decentralizované řízení jednotlivých procesů, předzpracování signálů pro nadřazené ovládací a vizualizační systémy převážně tvořené klasickým nebo průmyslovým PC. [25]

3.1 Návrh řídicího systému

Řídicí systém je navržen dle požadavku v rámci zadání, jehož hlavním kritériem bylo dodržení určeného výrobce. Tímto výrobcem je firma Siemens, jenž nabízí velkou škálu produktů, systémů a mnoho komplexních řešení pro řízení technologie budov. Z tohoto důvodu je navržen flexibilní systém měření a regulace s názvem Desigo PX, který bude zajišťovat řízení simulačního centra. Řídicí systém Desigo PX splňuje všechny požadavky, které jsou kladeny na řízení a regulaci vytápění, vzduchotechniky, klimatizace a dalších technických zařízení budov. Konečné počty podstanic a vstupně/výstupních modulů v patrových rozvaděčích byly stanoveny na základě přílohy č. 04 – Seznam datových bodů. V této příloze jsou vypsané všechny zařízení a aktory, které jsou monitorovány a řízeny z navrženého systému MaR. U každého prvku je zmíněno, do kterého rozvaděče je prvek zapojen, včetně počtu (AI, DI, AO, DO) a názvu jejich signálů.

3.2 Procesní podstanice

Desigo PX umožňuje rozšiřování systému programovatelných podstanic a jednak svou otevřeností pro připojení systémů cizích. Podstanice se skládají ze dvou skupin:

Kompaktní podstanice

Jsou konstruovány tak, aby vyhovovaly požadavkům na regulaci a řízení decentralizovaných jednotek. Jsou osazeny integrovanými vstupními a výstupními převodníky a lze je nasadit i ve stísněných montážních podmínkách u kompaktních jednotek a standardních zapojení. Všechny kompaktní podstanice jsou volně programovatelné a podporují všechny funkce systému Desigo PX.

Modulární podstanice

Jsou vhodné především pro regulaci a řízení velkých a složitých systémů a dalších technologií budov. Díky odstupňované kapacitě podstanic řada nabízí vysokou míru flexibility. Pomocí širokého výběru vstupních a výstupních modulů mohou podstanice obsloužit nejrůznější typy periférií.

3.2.1 PXC100-E.D

Jedná se o volně programovatelnou procesní podstanici modulární řady, zajišťující řízení a regulaci TZB. Jedná se o nativní podstanici, která je vybavena komunikací BACnet přes protokol LonTalk, PTP nebo Ethernet/IP. V rámci toho projektu je využita komunikace přes protokol Ethernet/IP.

Tato podstanice zajišťuje vysoký výkon a současně spolehlivý provoz, který umožňuje přívětivé uživatelské prostředí. V tomto prostředí je možné využít komplexní funkce řídicí úrovně, mezi které patří správa alarmů, časové programy, historická data, trendy, dálkový přístup a ochrana heslem. Modulární procesní podstanice má v sobě integrovaný webserver, který podporuje grafické nebo generické ovládání přes web. Nejdůležitější vlastností, kterou je podstanice umožňuje, je modulová sběrnice pro připojení externích TX-I/O modulů.

Podstanice PXC100-E.D umožňuje připojení maximálně 200 datových bodů. Za datové body se považují fyzické vstupy/výstupy TX-I/O a datové body TX OPEN. Komunikace je zajištěna pomocí mezinárodně standardizovaného protokolu BACnet, po síti Ethernet. Současně je podporována komunikace mezi jednotlivými podstanicemi navzájem (peer-to-peer). Veškeré informace nahrané v databázi, jsou uloženy v paměti SDRAM (64MB), která je napájena pomocí alkalických baterií. Správná funkce podstanice, u které dojde k výpadku elektrické energie, je zajištěna po dobu jednoho měsíce. Procesní podstanice je vybavena konektorem RJ45, jenž zajišťuje připojení rozhraní Ethernet s přenosovou rychlostí 10/100 Mbit/s a protokolem BACnet.

Jelikož lze k podstanici připojit TX-I/O moduly pomocí modulární sběrnice (princip modulární sběrnice bude vysvětlen níže), budou podstanice objektu simulačního centra umístěny pouze do vybraných patrových rozvaděčů. První procesní podstanice je navrženy v rozvaděči +DMR0.1 a zajišťuje připojení TX-I/O modulů v rámci 1.PP, 1.NP a 2.NP. Další podstanice je umístěna v rozvaděči +DMR3.1 slouží pro připojení TX-I/O modulů ve 3.NP a 4.NP. Poslední podstanice je umístěna uvnitř rozvaděče +DMR5.1 a slouží pro připojení celého 5.NP.

Toto řešení je navrženo i z důvodu investic, protože umístit podstanici do každého patrového rozvaděče MaR by se výrazně prodražilo.



Obr. 18 Procesní podstanice PXC100-E.D [17]

3.2.2 PXC001.E.D

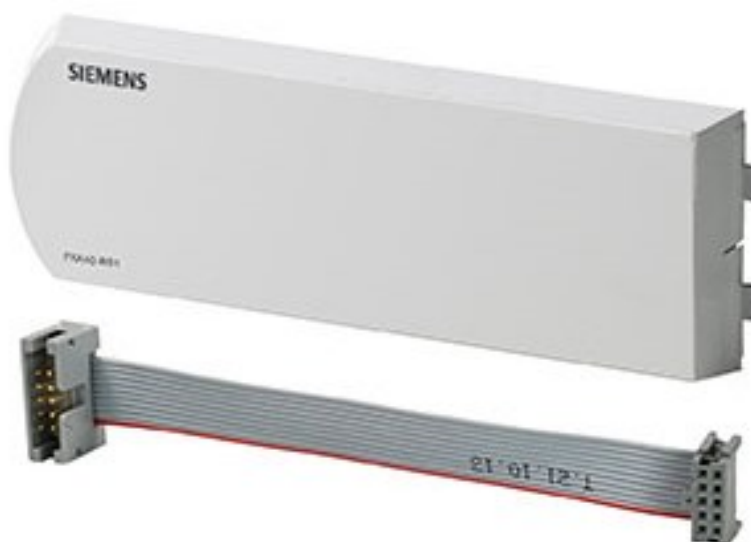
Tento produkt firmy Siemens zajišťuje integraci cizích přístrojů a systémů na úrovni BACnet/IP. Do tohoto regulátorů je možné integrovat komunikační protokoly typu KNX, Modbus, M-Bus. Jedná se o komplexní regulátor, který stejně jako procesní podstanice PXC100-E.D. Umožňuje řídicí a systémové funkce. Mezi tyto funkce patří již zmíněná správa alarmů, historická data, dálkový přístup atd.

Tento regulátor je využit z důvodu integrace komunikačního rozhraní RS485 s protokolem Modbus – RTU, který využívají chladicí jednotky. Jelikož je s tímto regulátorem možné komunikovat na úrovni BACnet, stačí pro integraci chladicích jednotek navrhnout pouze jeden regulátor. Největší počet chladicích jednotek je koncentrován na střeše objektu, proto byl druhý regulátor umístěn do rozvaděče +DMR5.2, kde jsou komunikační karty připojeny.

V rámci objektu je regulátor využit i pro integraci komunikačního protokolu KNX, který zajišťuje řízení prostorových regulátorů v jednotlivých místnostech. Opět je možné komunikovat po úrovni BACnet a proto je regulátor umístěn pouze do dvou rozvaděčů. Jedná se o rozvaděč +DMR0.1 a +DMR4.1.

3.2.3 PXA40-RS1

Jedná se o rozšiřující kartu, která zajišťuje připojení až 2000 datových bodů pro protokol KNX a 250 datových bodů pro protokol Modbus. Dle počtu navržených prostorových regulátorů a počtu chladicích jednotek bude pro návrh stačit jedna rozšiřující karta. Tato karta se umísťuje přímo na svorky systémové regulátoru PXD001.E.D, konkrétně na regulátor v rozvaděči +DMR50.2.



Obr. 19 Rozšiřující karta PXA40-RS1 [17]

Na obrázku 19 je možné vidět rozšiřující kartu PXA40-RS1 s připojovacím kabelem, který se připojuje na svorky systémového regulátoru PXC001.E.D.

3.3 Rozšiřující moduly

K procesní podstanici PXC 100 E.D lze připojit rozšiřující neboli I/O moduly, které se k podstanici připojují pomocí rozhraní RS485. Názornou ukázkou modulární sestavy lze vidět na obrázku 20. Celkový počet vstupně/výstupních modulů, které lze k modulární stanici připojit, je závislý na počtu zátěžových bodů a přesném typu podstanice. Maximální počet však je 128 I/O modulů. Výrobce Siemens má své moduly pro Desigo PX pojmenovány a jejich přesný název jsou TX-I/O moduly.



Obr. 20 Procesní podstanice PXC s připojenými moduly TX-I/O [17]

Řada TX-I/O modulů obsahuje moduly pro měření a ovládání všech signálů využívaných v rámci řízení HVAC. Moduly jsou dostupné také s manuálním ovládáním a displejem pro rychlé řešení nestandardních situací. Modulární přístup přináší obrovskou flexibilitu a možnost vytváření decentralizovaných instalací.

Součástí každého modulu jsou adresovací kolíčky, kdy po jejich zasunutí dochází k správnému fungování modulu. Každý modul má svou adresu, která je zakódovaná na zmíněném adresovacím kolíčku. V případě, že je nutné vyměnit zásuvný I/O modul, musí dojít k vyklopení adresovacího kolíčku, avšak kolíček musí být zasunutý do patice.

Mezi hlavní výhody použití těchto TX-I/O modulů lze zmínit integrované izolované svorkovnice, optickou diagnostiku pomocí LED signálů, možnost umístění modulů na DIN lištu do rozvaděče, snadno rozšiřitelná konfigurace, možnost přidání popisných štítků na moduly, a hlavně možnost integrace cizích systémů, mezi které se řadí Modbus, M-Bus a jiné.

3.3.1 TXA1.IBE

Jedná se o univerzální I/O modul, který se pomocí TXA1.IBE modulu připojuje k podstanici PXC. Tento modul umožňuje prodloužení modulové sběrnice ve vzdálenosti až 2 x 200 m. Pro programování (parametrizaci) není potřeba žádný SW nástroj. Na modulech pro prodloužení modulové sběrnice musí být správně nastaveny DIP spínače pro bus master a bus terminator. Prodloužení modulové sběrnice je po sběrnici typu RS485. Vzdálené řady I/O modulů mohou být napájeny odděleným zdrojem. Výpadek tohoto napájení nemá vliv na modulovou sběrnici základních řad. Počet podporovaných modulů pro prodloužení modulové sběrnice je 64 kusů modulů.

Tento modul je využit z důvodu toho, aby bylo možné v rámci ethernetové sítě připojit I/O moduly z více pater k jedné podstanici PXC 100 E.D. Modulová sběrnice se vyskytuje v každém patrovém rozvaděči, kterých je 7. V tomto případě je navrženo 7 modulů sběrnice.

3.3.2 TXI2.OPEN

Modul TXI2.OPEN zajišťuje integraci cizích systémů a přístrojů do řídicího systému Desigo. Modul TX Open RS232/485 integruje cizí systémy přes rozhraní RS232, nebo RS485 do řídicího systému budov Desigo. Kapacita tohoto modulu je 160 datových bodů. Modul je vybaven dvěma porty Ethernet a tlačítkem reset. Firma Siemens má pro integraci vyvinuty tyto aplikace: Modbus, M-Bus, USS, Grundfos, Danfoss aj. Modul TX OPEN RS232/485 je přímo napájen napětím DC 24 V přes modulovou sběrnici. Přes rozhraní Ethernet lze pomocí webového prohlížeče zobrazit webovou stránku, která obsahuje konfiguraci rozhraní a hodnoty z cizího systému/přístroje.

Tento regulátor je navržen, protože jsou do systému měření a regulace integrovány chladicí jednotky. Tyto jednotky komunikují s nadřazeným systémem MaR pomocí rozhraní RS485 s protokolem Modbus RTU. V rámci sítě ethernet, je opět možné propojit několik komunikačních rozhraní na úrovni podlaží. Využity jsou dva kusy modulů TXI2.OPEN, které jsou umístěny v rozvaděčích MaR +DMR0.1 (1.PP) a +DMR4.1 (4.NP).

3.3.3 TXM1.8U

Tento modul slouží pro připojení 8 vstupů/výstupů, které lze signalizovat LED indikací. Tyto univerzální I/O body je možné jednotlivě konfigurovat jako digitální vstupy, které představují stavové kontakty, pulsy nebo čítače. Modul lze také využít jako analogové vstupy, které je možné konfigurovat pro čidla teploty se snímacím prvkem Ni 1000, Pt 1000 anebo jako analogový signál 0-10 V. Univerzální modul také umožňuje připojení řízení analogovým výstupem se signálem 0-10 V.

V rámci tohoto projektu, slouží navržený modul k připojení analogových vstupů a výstupů. Na vstupní svorky jsou připojeny tlaková čidla, které přenášejí informace pomocí signálu 0-10 V. Dále jsou zde připojeny snímače teploty, které měří teplotu vzduchu ve vzduchotechnických jednotkách a teplotu vody ve výměňkové stanici. Výstupní svorky modulu jsou využity pro spojitě řízení regulačních klapek a ventilů, které je nutné řídit signálem 0-10 V.

Tabulka 4 Počet univerzálních modulů TXM1.8U v jednotlivých patrových rozvaděčích

Označení rozvaděče	Počet modulů
+DMR0.1	6x
+DMR1.1	1x
+DMR2.1	1x
+DMR3.1	2x
+DMR4.1	1x
+DMR5.1	1x
+DMR5.2	-

V tabulce 4 je uvedený počet univerzálních modulů, které jsou navrženy pro jednotlivé patrové rozvaděče. V každém z rozvaděčů je umístěn minimálně jeden univerzální modul, s výjimkou rozvaděče +DMR5.2.

3.3.4 TXM1.16D/TXM1.8D

Jedná se o modul digitálních vstupů, který existuje ve dvou verzích, které se od sebe liší počtem vstupů. Verze modulu TXM1.16D má, jak už je z názvu zřejmé 16 vstupů. Naopak modul TXM1.8D jich má pouze 8. Tyto vstupy jsou jednotlivě konfigurovatelné jako stavové signály, stavové pulsy (s paměťovou funkcí) nebo čítací pulsy (do 10 Hz). Pro modul s 16 vstupy je možné využít čítací pulsy pro 8 vstupů. Modul je také vybaven LED diody, které indikují stav vstupů. Modul TXM1.16D má pouze zelenou LED diodu, kdežto modul TXM1.8D má tříbarvé LED diody. Červená barva signalizuje alarm, žlutá servisní režim a zelená normální provoz.

Zmíněný modul se využívá z důvodu připojení a následného vyhodnocování binárních vstupů. Mezi binární vstupy v rámci toho projektu patří informace o chodu a poruše ventilátorů, čerpadel a chladicích jednotek, zanesení filtrů a rekuperátorů a v neposlední řadě monitorování správného uzavření požárních klappek. Přiváděné napětí pro správné zjištění stavu kontaktu je 21,5÷25 V DC.

Tabulka 5 Počet vstupních modulů TXM1.16D/TXM1.8D v jednotlivých patrových rozvaděčích

Označení rozvaděče	Počet modulů
+DMR0.1	6x
+DMR1.1	1x
+DMR2.1	1x
+DMR3.1	2x
+DMR4.1	1x
+DMR5.1	2x
+DMR5.2	1x

V tabulce 5 je uvedený počet digitálních modulů, které jsou navrženy pro jednotlivé patrové rozvaděče. V každém z rozvaděčů je umístěn minimálně jeden univerzální modul.

3.3.5 TXM1.6R

Zmíněný modu slouží pro připojení 6 beznapětových digitálních (reléových) výstupů, které je možné konfigurovat jako trvalé kontakty nebo 1÷3stupňové pulsy. Výstupy lze konfigurovat i jako 3polohový řídicí výstup, který zajišťuje řízení zdvihu. Modul je také vybaven LED diodami se zelenou barvou, které zajišťují indikaci stavu každé výstupního bodu

Tento modul zajišťuje řízení všech zařízení, které je potřeba zapínat, otvírat nebo jakkoliv řídit. V rámci projektu je modul využit pro zapínání všech ventilátorů a čerpadel. Těmito digitálními výstupy jsou také otevírány klapky ve vzduchotechnické jednotce. Výstupní zařízení jsou spínána stejnosměrným napětím v rozsahu 12÷30 V, naopak střídavým napětím jsou zařízení spínána v rozsahu 12÷230 V.

Tabulka 6 Počet výstupních modulů TXM1.6R v jednotlivých patrových rozvaděčích

Označení rozvaděče	Počet modulů
+DMR0.1	5x
+DMR1.1	-
+DMR2.1	1x
+DMR3.1	1x
+DMR4.1	1x
+DMR5.1	1x
+DMR5.2	-

V tabulce 6 je uvedený počet digitálně výstupních modulů, které se nachází v patrových rozvaděčích. Ve dvou z patrových rozvaděčů se nenachází ani jeden výstupní modul, což je zapříčiněno tím, že v tomto patře nedochází k jakémukoliv zapínání či otevírání zařízení.

3.4 Doplnující příslušenství

3.4.1 TXS1.12F10

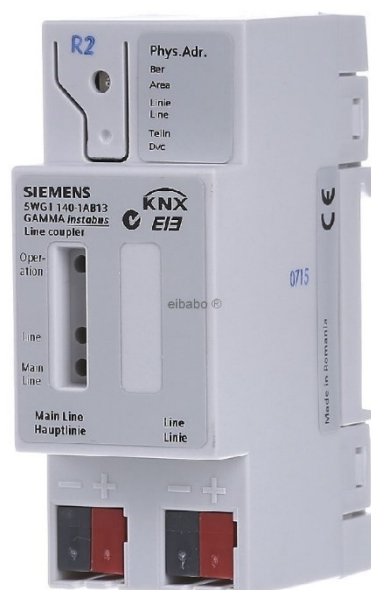
Jedná se o napájecí modul, který zajišťuje napájení TX-I/O modulů. Vstupní napětí tohoto modulu je 24 V AC a následně převádí napětí na 24 V DC. Jelikož musí každý blok, ve kterém jsou použity TX-I/O moduly obsahovat napájecí modul, je využito tohoto přístroje v každém z patrových rozvaděčů. Tyto přístroje zajišťují pomocí modulové sběrnice TXA1.IBE napájení 24 V a zároveň zajišťují signál modulové sběrnice. V případě přetížení nebo zkratu je nutné je nutné navrhnut 10 A pojistku, která zajistí přerušování napájecího napětí.

3.4.2 5WG 1125-1AB22

Jelikož prostorový regulátor umístěný v jednotlivých místnostech komunikuje s řídicím systémem MaR pomocí komunikační sběrnice KNX, je potřeba využít napájecího zdroje, který je pro spolehlivý provoz systému KNX nezbytný. Je však nutné brát v potaz to, že nelze využít klasický napájecí zdroj. Z tohoto důvodu je využit napájecí zdroj ze sortimentu Siemens s označením 5WG 1125-1AB22. Tento zdroj je vybaven s vestavěnou tlumivkou a také resetovacím tlačítkem. Vstupní napětí tohoto zdroje je 230 VAC (rozmezí 180÷264 V AC) a výstupní napětí je 29 V DC. Výstupním proudem je pak hodnota 640 mA. Každý prostorový regulátor, který je připojený na sběrnici KNX, odebírá 20 mA. V tomto případě je možné na jeden napájecí zdroj připojit až 32 regulátorů. Tento regulátor je umístěný ve dvou rozvaděčích, a to konkrétně v rozvaděči +DMR0.1 a +DMR4.1.

3.4.3 5WG 1140-1AB13

Jak bylo zmíněno výše, napájecí zdroj sběrnice KNX je umístěný pouze ve dvou rozvaděčích. Z toho důvodu je nutné použít rozdělovač linky KNX. Tento rozdělovač umožní propojení dvou sběrnicových linek KNX. Z tohoto důvodu je využit produkt firmy Siemens, který lze vidět na obrázku 21.



Obr. 21 Rozdělovač linky KNX 5WG 1140-1AB13 [17]

Tento rozdělovač ve spodní části svorky pro připojení jednotlivých linek. Na levé straně jsou svorky využity pro připojení primární linky, na pravé straně pro připojení sekundární linky.

3.5 Přenos dat na dispečink

V rámci návrhu řídicího systému MaR, byl požadavek na přenos dat do dispečerského pracoviště, které se nachází mimo projektovaný objekt. Z důvodu tohoto požadavku jsou využity hlavní výhody navržené podstanice, která umožňuje komunikují po Ethernet/IP. Díky této komunikaci je možné využít IT infrastrukturu, navrženou profesí slaboproudu. Požadavkem na profesi slaboproudu tedy bylo, aby navržené rozvaděče byly vybaveny ethernetovou dvojjáskovkou, Tato dvojjáskovky zajistí připojení systému MaR do místní LAN sítě. V rámci internetu jsou následně přenášeny veškeré provozní a poruchové stavy na dispečerské pracoviště. Navržená podstanice je vybavena i webovým klientem, díky kterému je možné zařízení monitorovat a ovládat odkudkoliv, kde je dostupné webové připojení. V případě, že dojde k poruše nebo havarijnímu stavu, dokáže webový server odeslat vybranému číslu SMS zprávu a tím tak umožní dálkový přístup a možnost diagnostikovat toto hlášení pomocí webového klienta.

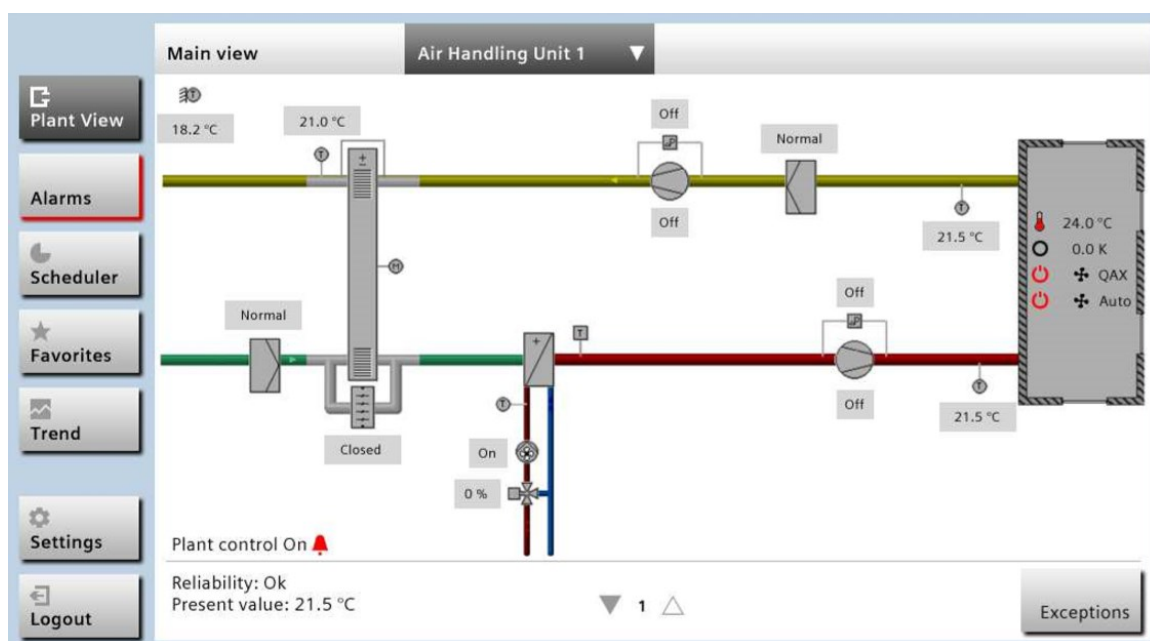
Jelikož je navržen systém Desigo PX od firmy Siemens, je možné využít jejich řídicí stanice pro ovládání a vizualizaci celého objektu simulačního centra. Tento prostředek se jmenuje Desigo Insight. Využití této stanice je možné v případě sta a více datových bodů, což je ideální případ. Tato stanice dokáže zobrazit měřené hodnoty a monitorované stavy na vytvořené vizualizaci. Ve vizualizaci bude možno nahlížet na obrazovky s možností nastavovat žádané hodnoty, měnit časové plány, upravovat parametry, monitorovat provozní a poruchové stavy, včetně monitoringu spotřeby. Jedná se o jednoduše zpracovanou grafiku, která umožní jednoduchý přehled nad technologií objektu. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2.1, mezi vybrané funkce procesní podstanice PXC100-E.D patří:

Správa alarmů

Pokud chceme včas a správně vyhodnotit problém, je potřeba využít zpracování alarmů. Díky včasnému upozornění na vzniklou poruchu docílíme omezit velké škody. Systém Desigo PX používá tři druhy alarmů, mezi které patří alarm jednoduchý, základní a rozšířený. Uživatel společně s informací o poruše obdrží i další textovou informaci. Tato informace je doplněna o datum a čas oné události. Obsluha tedy pozná, na jakém zařízení se zmíněná porucha přihodila. Důležitou vlastností správy alarmů je také přehled poruch, kdy si obsluha dokáže zobrazit veškeré alarmy a jejich následný stav. Za tyto poruchové stavy je možné považovat například přehřátí výměňkové stanice, zaplavení výměňkové stanice, poruchu hlavních oběhových čerpadel či nefunkčnost vzduchotechnické jednotky.

Zobrazení stavu zařízení

Tato funkce zajistí zobrazení aktuálních hodnot a stavů zařízení, které může obsluha mít k dispozici. Mezi tyto hodnoty lze zařadit teploty přiváděného vzduchu, teplotu topné vody atd. Pro komfortní zobrazení dat se využívají zmíněná vizualizační okna, ve kterých vyobrazeny půdorysy jednotlivých pater se zakreslením zařízením a možnosti jejich nastavení. Dále jsou zde graficky znázorněny schémata jednotek, pro které jsou vizualizovány aktuální hodnoty a stavy.

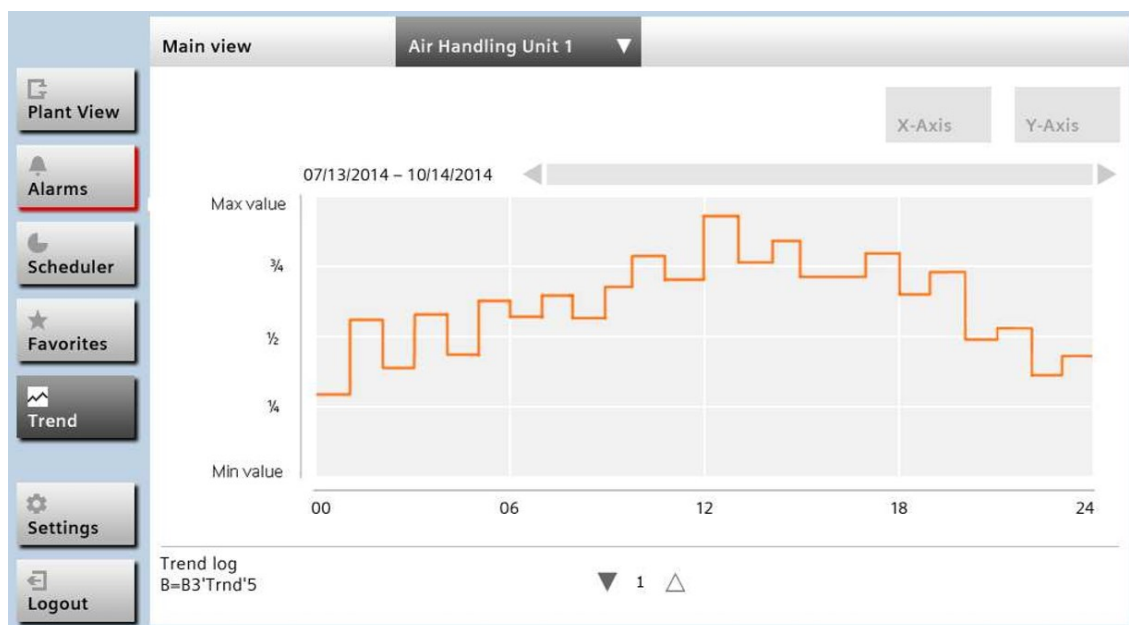


Obr. 22 Grafická vizualizace VZT jednotky [18]

Na obrázku 22 je možné pro představu zhlédnout grafickou vizualizaci VZT jednotky, na které jsou vyobrazeny aktuální hodnoty teploty, stavy ventilátorů a klapek. V grafice jsou obsaženy jak aktuální hodnoty, ale také aktivační tlačítka, pomocí kterých je možné řídit vybranou technologii. Samozřejmě vše v souvislosti s tím, jaké má uživatel práva. Zmíněné práva budou popsány níže.

Sledování zařízení pomocí trendů

Pomocí funkce sledování trendů je možné monitorovat chování zařízení v určitém časovém úseku. Tento časový úsek je možné si nastavit ve vlastním rozsahu. Vzorčky vybraných hodnot je možné graficky zobrazit, uložit nebo připravit pro další zpracování. Pomocí webového klienta na obrázku 23, je možné kontrolovat dynamické chování veličiny či vybraného zařízení.



Obr. 23 Grafické zpracování trendů [18]

Časové programy

Tato funkce patří k nejdůležitějším funkcím řídicího systému. Časový program zajišťuje řízení technologie na základě předem určené provozní doby objektu na základě aktuálního dne a času. Je tedy možné nastavit chod vzduchotechnické jednotky podle toho, zda je pracovní doba ne. Je tak možné přizpůsobit větrací výkon, teplotu vzduchu či kompletně vypnout jednotlivá zařízení. Tyto časové programy tedy umožňují šetřit energii v případě, že je budova prázdná a nevyužívaná. V rámci zabezpečení se tyto časové programy ukládají přímo do paměti procesních podstanic, a to proto, aby v případě výpadku komunikace Ethernet/IP mohla podstanice pracovat dále bez jakýchkoliv problémů.

Přístupová práva

Do navržené vizualizace je možné vstupovat s určitými právy. Může se totiž stát, že se k vizualizaci dostane uživatel, který není zodpovědný za nastavování a řízení technologie objektu. Takový uživatel může pouze monitorovat aktuální měřené a vypočtené hodnoty. Je důležité provést nastavení přístupu jednotlivých uživatelů. Tento přístup je realizován pomocí přihlašovacích údajů, mezi které patří přihlašovací jméno a heslo. Je tedy možné nastavit několik úrovní pro přístup do vizualizace simulačního centra:

- interní – systémový servis
- servis – základní servis
- správa – konfigurace uživatelem
- expert – rozšířená obsluha

- standartní – základní úroveň
- host – vybrané hodnoty pouze pro čtení

Dálkový přístup

Systém Desigo poskytuje možnost dálkového přístupu k zařízení buď pomocí Webového klienta, nebo přes řídicí centrálu Desigo Insight. Dálkový přístup obsahuje tyto funkce:

- dálkový přenos a správa alarmů a systémových událostí
- čtení aktuálních hodnot, změna požadovaných hodnot a stavů zařízení
- přehled a úprava týdenních programů, kalendářů a žádaných hodnot
- nastavení provozních parametrů regulace
- ovládání pomocí webového prohlížeče nebo mobilního klienta (mobilní telefon, tablet)
- zobrazení dat trendů, s možností exportu do Microsoft Excel pro další vyhodnocení

Vizualizační software

Nově navržený vizualizační software bude nainstalován na dispečerském pracovišti. Vizualizace bude také umožňovat vzdálený přístup přes webové rozhraní. Signalizace poruchových a havarijních stavů bude provedena přes GSM modem, který je součástí řídicího systému.

Vizualizace bude obsahovat:

- Samostatné obrazovky pro každou z řízených technologií MaR
- Samostatné obrazovky s půdorysy jednotlivých pater objektu se zakreslením jednotlivých zařízení a možností jejich nastavení
- Obrazovky pro prohlížení historických trendů měřených hodnot
- Obrazovky pro nastavování časových plánů
- Obrazovky pro sumy z měřičů energií včetně exportů dat do tabulkového procesoru

Závěr

Cílem diplomové práce bylo provést návrh projektové dokumentace pro systém měření a regulace. Cíl této diplomové práce byl splněn v celém rozsahu, neboť se v příloze se nachází vypracovaná projektová dokumentace. Dokumentace obsahuje technickou zprávu, schéma regulace, tabulku strojů a zařízení, seznam datových bodů, seznam kabelů a půdorys 1.PP. V diplomové práci byl řešen objekt simulačního centra, který obsahuje technická zařízení, které je potřeba řídit. Navržený řídicí systém tedy zajišťuje vše potřebné pro možnost pohodlného řízení a monitoringu technologií z centrálního dispečinku.

V první kapitole diplomové práce je nastíněna problematika projektu, kde je popsán účel využití budovy simulačního centra. Budova slouží jako vzdělávací prostory pro lékařské profese. Na tento popis navazují podmínky pro vytvoření projektové dokumentace, které vychází z Vyhlášky č. 499/2006 Sb. ve znění novely č. 62/2013 Sb. o dokumentaci staveb. Součástí první kapitoly je taky vypracovaná rešerše norem, které jsou důležité pro zpracování projektu.

V úvodu každé části druhé kapitoly jsou vždy popsány základní teoretické principy technologie větrání, vytápění a chlazení. Další technologií je řízení teploty v jednotlivých místnostech a integrace $\frac{1}{4}$ hodinového maxima. Po teoretickém popisu jednotlivé části následuje část praktická, ve které je navržena polní instrumentace a kabeláž pro připojení do řídicího systému. Pro vzduchotechnické jednotky a výměňkovou stanici byly navrženy teplotní snímače, diferenční tlakové spínače, protimrazové ochrany a servopohony ventilů a klapek. Pro technologii chlazení byl navrhnout způsob přenosu dat do nadřazeného systému MaR. Tento přenos je zajištěn pomocí komunikačního rozhraní RS485. Pro řízení teploty v jednotlivých místnostech jsou navrženy prostorové regulátory, komunikující s navrženým systémem pomocí sběrnice KNX. Pro integraci systému $\frac{1}{4}$ hodinového maxima jsou využity výstupy autonomního regulátoru, který měří spotřebu elektrické energie a následně poskytuje systému MaR odepínací stupně.

Třetí, zároveň poslední kapitola plně navazuje na kapitolu předchozí, protože pomocí navržených prvků bylo možné navrhnout řídicí systém. Ten se skládá z hlavní podstanice a vstupně/výstupních modulů. Celkový počet modulů byl navrhnout podle počtu datových bodů. Dále byly navrženy moduly zajišťující propojení podstanice se vstupně/výstupními moduly, ale také moduly zajišťující napájení těchto komponent. Řídicí systém je navržen s regulátory pro integraci cizích zařízení, mezi které patří sběrnice KNX a rozhraní RS485.

V závěru diplomové práce bych chtěl zhodnotit přínos systému měření a regulace pro uživatele simulačního centra. Díky možnosti nastavení parametrů v navržené vizualizaci je pro uživatele zajištěno jednoduché řízení. Řídicí systém také umožňuje i vzdálený přístup, kdy je možné z centrálního dispečinku nastavovat a monitorovat technické zařízení budov. Uživatel tedy nemusí být přítomen v objektě. Navržený systém také hlídá všechny poruchové stavy, které se mohou v objektu simulačního centra vyskytnout a reaguje na ně zasílám SMS zpráv. Vypracovaná projektová dokumentace se odevzdává investorovi, který na jejím základě poptává realizační firmy. Z tohoto důvodu je tvorba dokumentace důležitá. Nejenže jsou všechny informace a způsoby řízení v jednotném celku, ale také je možné využít dokumentaci pro samotnou realizaci.

Seznam použité literatury

- 1 499/2006 Sb. ve znění novely č.62/2013 Sb.: *VYHLÁŠKA ze dne 1. ledna. 2007 o dokumentaci staveb.* [online]. [cit. 2019-04-11].
Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499#p2>
- 2 *SENSIT: Snímač teploty se stonkem a plastovou hlavicí* [online]. Rožnov pod Radhoštěm: SENSIT s.r.o., c2018. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.sensit.cz/cz/produkt/snimace-teploty-se-stonkem-a-plastovou-hlavici-20775-20658-781/>
- 3 *BD SENSORS: Diferenční snímač tlaku* [online]. Buchlovice: BD SENSORS s.r.o., c2018. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <http://www.bdsensors.cz/tlak/diferencni-snimace-tlaku/detail/produkt/dps-300/>
- 4 *BELIMO: NF pohony s havarijní funkcí 10 Nm* [online]. Praha – západ: BELIMO CZ spol. s.r.o., c2003-2019. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.belimo.cz/nf-pohony-s-havarijni-funkci-10-nm/>
- 5 *Bola: Servopohony směšovacích ventilů* [online]. Jinočany: Bola s.r.o., c2019. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.bola.cz/servopohon-esbe-ara639-24v>
- 6 *SENSIT: Příložné snímače teploty s plastovou hlavicí* [online]. Rožnov pod Radhoštěm: SENSIT s.r.o., c2018. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.sensit.cz/cz/produkt/prilozne-snimace-teploty-s-plastovou-hlavici-20885-20662-781/>
- 7 Jakub Hybler. Nastavení ekvitermní křivky. In: *tzb-info.cz* [online]. Topinfo s.r.o., c2001-2019. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <https://forum.tzb-info.cz/143287-nastaveni-ekvitermni-krivky>
- 8 *SensorsONE: Precision Pressure Transmitter* [online]. SensorsONE ltd, c2019. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.sensorsone.com/dmp331-precision-pressure-transmitter/>
- 9 *Bola: Termostaty příložné* [online]. Jinočany: Bola s.r.o., c2019. [2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.bola.cz/siemens-ram-tw2000m>
- 10 *SENSIT: Snímače teploty pro venkovní prostředí s plastovou hlavicí* [online]. Rožnov pod Radhoštěm: SENSIT s.r.o., c2018. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.sensit.cz/cz/produkt/snimace-teploty-pro-venkovni-prostredi-s-plastovou-hlavici-20765-20656-781/>

- 11 *Regmet: Snímače zaplavení na stěnu – typy SZ1 až SZ4* [online]. Valašské Meziříčí: Regmet s.r.o. [cit. 2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.regmet.cz/katalog/produkt/snimace-zaplaveni-na-din-listu-typy-sz1-sz4>
- 12 *Toshiba: Jak si vybrat správnou klimatizaci?* [online]. Graz: AIR-COND Klimaanlagen-Handelsgesellschaft m.b.H., c2019. [2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.toshiba-klima.at/cz/split-amulti-split.html>
- 13 *Blue team: Komerční klimatizace VRV* [online]. Černošice: Blue team, s.r.o., c1996-2013. [2019-04-20].
Dostupné z: <http://www.blueteam.cz/klimatizace-a-chlazení/komerční-klimatizace-vrv.html>
- 14 RealTime Controls Systems, Ltd. [online]. *FDP3-Modbus Brochure 2010 1.00-RealTime*. c2010. [2019-04-20].
Dostupné z: <http://www.realtime-controls.co.uk/>
- 15 *Siemens – Regulátory pro fan-coilové jednotky* [online]. Česká republika: Siemens s.r.o., [2019-04-20].
Dostupné z: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/ibt/mereni_a_regulace/regulatory/fan-coil/pages/rdg100kn-rdg160kn.aspx
- 16 *IndiaMART: Air Damper* [online]. India: IndiaMART, c2019. [2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/motorized-volume-control-damper-14559094997.html>
- 17 *Siemens – Systémy měření a regulace* [online]. Česká republika: Siemens s.r.o., c1996-2019. [2019-04-20].
Dostupné z: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/integrované_systemy/systemy_mereni_a_regulace/Pages/systemy_mereni_a_regulace.aspx
- 18 *Siemens – Desigo PX* [online]. Česká republika: Siemens s.r.o., c1996-2019. [2019-04-20].
Dostupné z: <https://www.siemens.cz/desigo/desigo-px>
- 19 VALTER, J.: *Regulace v praxi aneb jak to dělám já*. Praha: BEN. 2010. ISBN 80-7300-256-5.
- 20 DVOŘÁČEK K.: *Příručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení*. 2. vyd. Praha: IN-EL. 2011. ISBN 978-80-86230-53-5

- 21 MAURER K.: *Vzduchotechnická zařízení, pro 3. a 4. ročník SPŠ stavebních studijního oboru TZB*. 3. vyd. Praha: Sobotáles. 2007. ISBN 978-80-86817-21-0
- 22 BAŠTA J.: *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha: ČVUT. 2014. ISBN 978-80-01-05455-0
- 23 PEŠEK B., LUŇÁČEK J.: *Teplo, Vytápění a teplá užitková voda, jejich regulace, měření a rozúčtování v bytových objektech*. Praha: SČMBD. 2002. ISBN 80-86426-07-6
- 24 *Model řízení vzduchotechnické jednotky*. [online]. [cit. 2019-04-11].
Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>
- 25 *Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace vytápění*. [online]. [cit. 2019-04-11].
Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani>
- 26 *Programovatelné automaty, PLC*. [online]. [cit. 2019-04-11].
Dostupné z: <http://www.rs2000.cz/index.php/programovatelne-automaty-plc>
- 27 *Elektrická požární signalizace*. Hrbáč, Roman. 2019. Studijní podklad předmětu ZPS1 navazujícího magisterského studia

Seznam příloh

01	Technická zpráva	17x A4
02	Schéma regulace	45x A4
03	Tabulka strojů a zařízení	3x A4
04	Seznam datových bodů	11x A4
05	Seznam kabelů	12x A4
06	Půdorys 1.PP	A1
07	Půdorys 1.NP	Příloha v IS EDISON
08	Půdorys 2.NP	Příloha v IS EDISON
09	Půdorys 3.NP	Příloha v IS EDISON
10	Půdorys 4.NP	Příloha v IS EDISON
11	Půdorys 5.NP	Příloha v IS EDISON